



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη αντιστάθμισης και παραλλακτικότητα μεγεθών σε
εντατικά εκτρεφόμενα ψάρια**

Παπαϊωάννου Βάϊος

Βόλος 2013

**« Ανάπτυξη αντιστάθμισης και παραλλακτικότητα μεγεθών σε εντατικά
εκτρεφόμενα ψάρια »**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα.***
- 2) **Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης**, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***
- 3) **Ελένη Γκολομάζου**, Λέκτορας, Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος.***

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτρια αυτής της διπλωματικής εργασίας την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Παναγιώτα Παναγιωτάκη, για τις πολύτιμες συμβουλές, τις εποικοδομητικές συζητήσεις, αλλά και την διαρκή της υποστήριξη κατά την υλοποίηση του εργαστηριακού και συγγραφικού μέρους της παρούσης εργασίας, καθώς και καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη, Λέκτορα του Τμήματος Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές του κατά τη διεξαγωγή των πειραματικού μέρους της εργασίας καθώς και των εργαστηριακών αναλύσεων, όπως επίσης και τη Λέκτορα κ. Ελένη Γκολομάζου για την πολλαπλή συμβολή της στην πραγματοποίηση της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις ιχθυοκαλλιέργειες ΔΙΑΣ Α.Β.Ε.Ε. για παραχώρηση των ιχθύων και των ιχθυοτροφών, αλλά και το Δημοτικό Οργανισμό Καθαριότητας του Δήμου Βόλου για την άντληση και μεταφορά του νερού στον εργαστηριακό χώρο.

Τέλος, αλλά όχι λιγότερο, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προπτυχιακό συμφοιτητή Κωνσταντίνο Καραμαλίκη για την άψογη συνεργασία και προσφορά στην διεξαγωγή του πειράματος, καθώς και τους συμφοιτητές Αλέξη Φλέσσα, Ευάγγελο Παππά-Ζώη, Αμαλία Μπακαλού και Βασιλική Δεδούση για την συνεχή υποστήριξη και βοήθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλοί ζωικοί οργανισμοί παρουσιάζουν ταχύτερη αύξηση κατά τη διάρκεια ανάκαμψης τους μετά από μια περίοδο ολικής ή μερικής ασιτίας, σε σχέση με αντίστοιχες περιόδους συνεχούς χορήγησης επαρκών ποσοτήτων τροφής. Το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης στα ψάρια κέντρισε το ενδιαφέρον των επιστημόνων, καθώς σχετίζεται με έναν από τους θεμελιώδεις προβληματισμούς που αφορούν την ιχθυοκαλλιέργεια, τη συμπίεση δηλαδή του κόστους παραγωγής με παράλληλη επίτευξη ταχέων ρυθμών αύξησης. Η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με τη διερεύνηση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στην εκτροφή της τσιπούρας σε συνάρτηση με την παραλλακτικότητα των μεγεθών. Επίσης μελετήθηκαν και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (πρωτεΐνη, λίπος, υγρασία και τέφρα) του ολικού σώματος και του μυϊκού ιστού των ψαριών .

Το πείραμα είχε διάρκεια επτά (7) εβδομάδες κατά τις οποίες 260 νεαρά άτομα τσιπούρας παρέμειναν σε κλειστό κύκλωμα επανακυκλοφορίας θαλασσινού νερού. Τα ψάρια κατά την έναρξη του πειράματος είχαν μέσο βάρος $2,55 \pm 0,01$ g (μέσο βάρος \pm τυπικό σφάλμα) και μέσο μήκος $56,51 \pm 0,36$ mm. Στη συνέχεια χωρίστηκαν τυχαία σε δύο (2) ομάδες με δύο δεξαμενές για κάθε ομάδα

Έτσι προέκυψαν :

- i) Ομάδα των μαρτύρων Μ, η οποία ταΐζονταν καθημερινά,
- ii) Ομάδα Μεταχείρισης Β, με δύο (2) εβδομάδες τάισμα-ασιτία , εναλλάξ ανά ημέρα (μια μέρα τάισμα μια μέρα ασιτία), και δύο (2) εβδομάδες καθημερινό τάισμα.

Σε όλες οι πειραματικές ομάδες, μετά το πέρας του πειράματος, παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους, χωρίς όμως να παρατηρηθεί καμία απώλεια βάρους στα άτομα της μεταχείρισης που πέρασαν περιόδους ασιτίας. Τα άτομα των μαρτύρων που σιτίστηκαν σε καθημερινή βάση έδειξαν ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης από τα

άτομα της διαχείρισης. Έτσι στο τέλος του πειράματος, οι μάρτυρες αύξησαν το μέσο βάρος τους στα $12,43 \pm 0,24$ g ενώ οι διαχειρίσεις στα $9,99 \pm 0,19$ g. Η αύξηση του βάρους των ψαριών για κάθε μεταχείριση σε σχέση με το χρόνο και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος αποδόθηκε με γραμμικές εξισώσεις.

Συμπερασματικά, στην παρούσα εργασία, δεν παρατηρήθηκε πλήρης ή μερική ανάπτυξη αντιστάθμισης για τη μεταχείριση στην οποία τα ψάρια βίωσαν περιόδους ασιτίας για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, αλλά αυτά έδειξαν μειωμένα ποσοστά εμφάνισης του φαινομένου της παραλλακτικότητας των μεγεθών.

Λέξεις κλειδιά: Τσιπούρα, *Sparus aurata*, ανάπτυξη αντιστάθμισης, παραλλακτικότητα μεγεθών, εκτροφή

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Η τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i> L.)	1
1.1.1. Συστηματική ταξινόμηση	1
1.1.2. Γεωγραφική εξάπλωση και βióτοπος.....	2
1.1.3. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της τσιπούρας.....	2
1.1.3. Διατροφή.....	3
1.2. Οι Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα	4
1.3. Βιοχημική σύσταση εκτρεφόμενων ατόμων τσιπούρας	6
1.4. Το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης.....	8
1.4.1 Είδη αντιστάθμισης.....	10
1.4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης. 11	
1.5. Παραλλακτικότητα μεγεθών.....	12
1.6. Σκοπός της παρούσας εργασίας.....	13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	14
2.1 Γενικά.....	14
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	16
2.3. Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων.....	19
2.4 Χημικές αναλύσεις.....	20
2.4.1 Προσδιορισμός Υγρασίας - Ξηράς ουσίας	20
2.4.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών	21
2.4.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών	23

2.3.4 Προσδιορισμός Τέφρας	24
2.5 Στατιστική επεξεργασία	25
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	26
3.1 Αύξηση.....	26
3.1.1. Κατά την έναρξη του πειράματος.....	28
3.1.2 Κατά τη 13 ^η ημέρα πειράματος.....	28
3.1.3 Κατά τη 25 ^η ημέρα πειράματος.....	29
3.1.4 Κατά τη 37 ^η ημέρα πειράματος	29
3.1.5 Κατά το τέλος του πειράματος.....	30
3.2 Χημική Σύσταση.....	34
3.2.1 Αναλύσεις στο ολικό σώμα	34
3.2.2 Αναλύσεις στο μυϊκό ιστό.....	35
3.3. Παραλλακτικότητα μεγεθών.....	36
4. ΣΥΖΥΤΗΣΗ.....	38
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
6. ABSTRACT.....	51

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Η τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

1.1.1. Συστηματική ταξινόμηση

Η τσιπούρα (*Sparus aurata* L.) (Εικ. 1.1.), ανήκει στην οικογένεια των σπαρίδων (*Sparidae*), στην κλάση των οστειχθύων (*Teleostei*). Η συστηματική ταξινόμηση του είδους αυτού (Οικονομίδης 1997) είναι η εξής:

Βασίλειο: Ζώα - *Animalia*

Υποβασίλειο: Μετάζωα - *Metazoa*

Φύλο: Χορδωτά - *Chordata*

Υποφύλο: Σπονδυλωτά – *Vertabrata*

Υπερκλάση: Γναθοστόματα - *Gnathostomata*

Κλάση: Οστειχθύων – *Osteichthyes*

Μεσοκλάση: Τελεόστεων - *Teleostei*

Υποκλάση: Ακτινοπτερυγίων – *Actinopterygii*

Υπερτάξη: Ακανθοπτερυγίων – *Acanthopterygii*

Τάξη: Περκόμορφων – *Perciformes*

Οικογένεια: Σπαρίδων – *Sparidae*

Γένος: *Sparus*



Εικόνα 1.1: Τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

1.1.2. Γεωγραφική εξάπλωση και βιότοπος

Γεωγραφικά η τσιπούρα, απαντάται στον Ατλαντικό μέχρι τη Μεγάλη Βρετανία, τη Σενεγάλη και τη Μεσόγειο θάλασσα. Ανήκει στα ευρύθερμα είδη και για αυτό συναντάται σε νερά με θερμοκρασίες από 5-27°C. Κατά το φθινόπωρο εγκαταλείπει της λιμνοθάλασσες για να επιστρέψει στην ανοιχτή θάλασσα. Οι τσιπούρες, που παραμένουν στις λιμνοθάλασσες μετά το κλείσιμο εισόδου νερού και υποφέρουν από το κρύο του χειμώνα όταν η θερμοκρασία, πολλές φορές στις αβαθείς αυτές υδάτινες εκτάσεις πλησιάζει τους 0°C. Για αυτό σε αυτές τις περιοχές παρατηρούνται πολλές φορές υψηλές θνησιμότητες κατά τους χειμερινούς μήνες (Πνευματικός 1993). Είναι ευρύαλο ψάρι με δυνατότητα επιβίωσης σε μεγάλο εύρος αλατότητας, με το άριστο εύρος ανάπτυξης είναι σε νερά με αλατότητα από 25 - 40%. Δεν είναι όμως το ίδιο ανεκτική στις τιμές του οξυγόνου. Φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε χαμηλές τιμές οξυγόνου. Γενικά, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι επιβιώνουν σε αβαθείς υδατοσυλλογές, αλλά προτιμούν νερά με βάθος μέχρι 50 έως και 60 m (Νεοφύτου 2001).

1.1.3. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της τσιπούρας

Η τσιπούρα έχει σώμα ατρακτοειδές, πλευρικά πεπιεσμένο, κυρτή ράχη και κοντό ρύγχος. Έχει ισχυρή κεφαλή, χείλη χονδρά και μεγάλους οφθαλμούς. Το μπροστινό τμήμα των σιαγόνων χαρακτηρίζεται από την παρουσία έξι κωνοειδών δοντιών, ενώ πλευρικά στην πάνω σιαγόνα έχει τέσσερις σειρές μυλοειδών δοντιών και 3 - 4 σειρές στην κάτω σιαγόνα. Τα μπροστινά δόντια είναι δυνατά, κυρτά και μυτερά. Στο μέτωπο ανάμεσα στα μάτια έχει μια λωρίδα σε σχήμα V και στην άκρη του βραγχιοκαλύμματος μια μαύρη κηλίδα (Νεοφύτου 2001).

Γενικά, έχει χρώμα γκρίζο-ασημί με πιο σκούρα πλάτη και περισσότερο ανοιχτό χρώμα στις πλευρές και την κοιλιά. Οι παρυφές του ουραίου περυγίου είναι μαύρες. Έχει μεγάλου μεγέθους κτενοειδή λέπια και θωρακικά περύγια. Το μήκος της φτάνει από τα 50 cm έως και 80 cm και το βάρος ξεπερνά τα 5 Kg (Νεοφύτου 2001).

1.1.3. Διατροφή

Η τσιπούρα ανήκει στην κατηγορία των σαρκοφάγων και αρπακτικών ψαριών. Έρευνες που έγιναν σε φυσικούς πληθυσμούς σχετικά με τις τροφικές προτιμήσεις της τσιπούρας σε σχέση με το μέγεθος και την εποχή του έτους, έδειξαν ότι η βάση της διατροφής τους συνίσταται από μαλάκια, τα οποία θρυμματίζει με τη βοήθεια των ισχυρών κυνοειδών δοντιών και από οστρακόδερμα ενώ συμπληρωματικά, καταναλώνει πολύχαιτους, φύκη και δακτυλιοσκώληκες, ενώ ευκαιριακά καταναλώνει ψάρια και έντομα (Pita *et al.* 2002).

Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά οι θρεπτικές απαιτήσεις της τσιπούρας (Oliva-Teles 2000):

1. Οι δίαιτες που προορίζονται για την εκτροφή τσιπούρας θα πρέπει να περιέχουν 45-50% πρωτεΐνη και ένα ελάχιστο ποσοστό της τάξης του 9-12% λίπος. Σύμφωνα με έρευνες μεγάλες ποσότητες λίπους στην τροφή δεν οδηγούν σε γρηγορότερη ανάπτυξη.
2. Στις δίαιτες του θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σημαντική ποσότητα ιχθυελαίου ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες σε απαραίτητα λιπαρά οξέα του συγκεκριμένου είδους.
3. Απαιτείται να πραγματοποιηθούν μελέτες οι οποίες να διερευνούν τις απαιτήσεις της τσιπούρας σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία έτσι ώστε να

καλυφθούν τα κενά που υπάρχουν σχετικά με τις απαιτήσεις της στα συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά.

4. Οι θρεπτικές απαιτήσεις των ιχθυδίων έχουν εκτιμηθεί έμμεσα. Εν τούτοις, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν περαιτέρω έρευνες.
5. Όσον αφορά στις θρεπτικές απαιτήσεις των γεννητόρων έχει βρεθεί ότι ένα ελάχιστο ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (HUFA), της τάξεως του 0,42% είναι απαραίτητο για την παραγωγή καλής ποιότητας αυγών. Παρόλα αυτά, και σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται η πραγματοποίηση περαιτέρω μελετών.

1.2. Οι Υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν σήμερα τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο κλάδο ζωικής παραγωγής στον κόσμο. Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών, οι υδατοκαλλιέργειες εν αντιθέσει με την αλιεία, φαίνεται ότι θα αποτελέσουν την μελλοντική πηγή ιχθύων για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών του ανθρώπου (Watanabe 2002). Σύμφωνα με τις μελέτες του International Food Policy Research Institute (IFPRI) και του Food and Agriculture Organization (FAO), η παγκόσμια κατά κεφαλή κατανάλωση θαλασσινών υπολογίζεται ότι θα αυξηθεί από 15,8 kg σε 17,1 kg το 2020. Οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν στην αύξηση είναι η υψηλή διατροφική αξία του ψαριού συγκρινόμενη με άλλες πηγές πρωτεϊνών, αλλά και η αύξηση του πληθυσμού της γης που συνεπάγεται αύξηση της ζήτησης πρωτεϊνών (Lem 2004).

Οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν για την Ελλάδα σημαντικό τομέα της πρωτογενούς παραγωγής. Το εκτεταμένο μήκος και η μορφολογία της ελληνικής ακτογραμμής, σχηματίζουν ένα μεγάλο αριθμό προστατευόμενων περιοχών και κόλπων, οι οποίες σε συνδυασμό με το μεγάλο αριθμό καθώς νησιών και το ήπιο

κλίμα, παρέχουν τις ιδανικές συνθήκες για όλες τις μορφές εκτροφής των θαλάσσιων οργανισμών. Η πλειοψηφία των μονάδων, χρησιμοποιούν μεθόδους εντατικής εκτροφής σε επιπλέοντες κλωβούς ή σε τσιμεντένια raceways. Ακόμη, υπάρχουν και ημι-εντατικές τεχνικές σε χωμάτινα υδροστάσια (ponds) στις οποίες γίνεται χορήγηση τροφής, όπως επίσης και εκτατικές εκτροφές σε λιμνοθάλασσες και σε υδροστάσια στη χέρσο (Κλαουδάτος 2005).

Η αλματώδης ανάπτυξη της θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας τα προηγούμενα 20 έτη έχει καταστήσει τον αναπαραγωγικό αυτό κλάδο ένα από τους δυναμικότερα αναπτυσσόμενους στην Ελλάδα. Η παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού στην Ελλάδα, κυμαίνεται από 85.000 μέχρι 100.000 τόνους το χρόνο και αναμένεται να κλείσει το 2013 στους 94.000 τόνους, υποχωρώντας κατά 7% σε σχέση με το 2012, ενώ την ίδια ώρα στην Τουρκία αναμένεται να φτάσει τους 108.000 τόνους, σημειώνοντας αύξηση πάνω από 12%. Μέχρι και πέρυσι η Ελλάδα ήταν η ηγέτιδα δύναμη του κλάδου, ενός κλάδου με τζίρο στην Ευρώπη που υπολογίζεται κοντά στο 1,5 δισ. ευρώ. Σε έκθεσή του, ο FAO, αποδίδει την απώλεια της πρωτιάς από την Ελλάδα στην πτώση των τιμών και στην παράλληλη αύξηση του κόστους των τροφών. Έτσι, ενώ το 1990 οι ιχθυοκαλλιέργειες μόλις που αντιστοιχούσαν στο 2% των αλιευμάτων, σήμερα φαίνεται ότι τα ξεπερνούν στο σύνολό τους, προστατεύοντας έτσι τους «άγριους» πληθυσμούς από την υπεραλίευση και την εξαφάνιση (National Geographic 2006).

Τα ψάρια, ειδικά από τις ιχθυοκαλλιέργειες για τσιπούρα και λαβράκι, είναι το δεύτερο μεγαλύτερο εξαγωγικό προϊόν της Ελλάδας μετά τα φρούτα και τους ξηρούς καρπούς, μεγαλύτερο και από τις εξαγωγές ελαιόλαδου και τυριού, σύμφωνα με τα στοιχεία του ελληνικού οργανισμού εξωτερικού εμπορίου (ΟΠΕ).

1.3. Χημική σύσταση εκτρεφόμενων ατόμων τσιπούρας

Η ποιοτική ανάλυση πολλών ψαριών πραγματοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια σε πολλές επιστημονικές μελέτες. Η χημική σύσταση ορισμένων ειδών ιχθύων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 1.1.). Τα ψάρια είναι εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών και ο μυϊκός ιστός τους περιέχει ένα σωστά ισορροπημένο προφίλ σε αμινοξέα, καθιστώντας τους ιχθύς σημαντικό κομμάτι της ανθρώπινης διαίτας σε πολλές χώρες (Jobling 2001). Επίσης, οι ιχθύς αποτελούν πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, των οποίων οι ευεργετικές ιδιότητες στην ανθρώπινη υγεία έχουν αναφερθεί εκτενώς σε πολλές έρευνες και άρθρα (Drevon 1992). Μπορούν να προστατέψουν έναντι των καρδιαγγειακών παθήσεων, απαιτούνται για την ομαλή ανάπτυξη των εμβρύων και πιθανότατα δρουν ευεργετικά ενάντια στο διαβήτη και σε κάποιες μορφές καρκίνου (Lands 1992).

Πίνακας 1.1. Χημική σύσταση ορισμένων ειδών ιχθύων (σύσταση % νωπού βάρους μυϊκού ιστού) (Jobling 2001)

Είδη ιχθύων	Υγρασία (%)	Λίπη (%)	Πρωτεΐνες (%)
<i>Anguilla rostrata</i> (Αμερικάνικο χέλι)	67	14,5	16
<i>Anguilla anguilla</i> (Ευρωπαϊκό χέλι)	46	32,5	17,5
<i>Silurus glanis</i> (Sheatfish)	76,5	4,5	18,5
<i>Ictalurus punctatus</i> (γατόψαρο)	71,5	9	17,5
<i>Clarias gariepinus</i> (αφρικάνικο γατόψαρο)	75	3	20
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Ιριδίζουσα πέστροφα)	70	10	17
<i>Salmo salar</i> (σολομός του Ατλαντικού)	69	10	18,5
<i>Gadus morhua</i> (γάδος)	80,5	0,5	18
<i>Anarhichas lupus</i> (wolkfish)	77,5	2,5	18,5
<i>Hippoglossus hippoglossus</i> (Halibut)	72	10,5	16
<i>Scophthalmus maximus</i> (turbot)	79	2,5	16

Ο μυϊκός ιστός των ιχθύων περιέχει μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών μαζί με αλλά μόρια που περιέχουν άζωτο και αναφέρονται ως μη πρωτεϊνικό άζωτο (NPN). Οι πρωτεΐνες της σάρκας των ιχθύων είναι υψηλής βιολογικής αξίας και περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα σε σημαντική ποσότητα και ισορροπημένη αναλογία και έχουν εξαιρετική ευπεπτότητα (Mengoli 1994).

Η λιποπεριεκτικότητα των ιχθύων διαφέρει ανάλογα με το είδος. Εποχιακές διακυμάνσεις παρατηρούνται και σε ψάρια του ίδιου είδους, οι οποίες εξαρτώνται από το φύλο, την ηλικία, το μέγεθος, τη βιολογική και θρεπτική κατάσταση του ιχθύος (Παπαναστασίου 1976). Οι θαλάσσιοι και ευρύαλοι τελεόστεοι ιχθύες, με

βάση τη λιποπεριεκτικότητα της σάρκας τους διακρίνονται σε: i) άπαχους (<3%) , όπως είναι ο μπακαλιάρος, η γλώσσα, κ.α., ii) ημιλιπαρούς (3-8 %), όπως είναι ο σολομός, ο τόννος, το μπαρμπούνι, το λαβράκι, ο γαύρος, η τσιπούρα και iii) λιπαρούς (πάνω από 8%), όπως είναι το χέλι, το σκουμπρί, ο κέφαλος, η σαρδέλα, η ρέγκα, η παλαμίδα κ.α. (Jobling 2001, Cowey 1993).

1.4. Το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης

Πολλοί ζωικοί οργανισμοί εκτρεφόμενοι ή μη παρουσιάζουν ταχύτερη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της ανάκαμψης τους μετά από μια περίοδο ολικής ή μερικής ασιτίας απ' ότι σε περιόδους που η προσφορά τροφής συνεχίζονταν κανονικά (Wilson & Osbourn 1960). Το αποτέλεσμα είναι ότι, άτομα που περνούν μία τέτοια περίοδο ασιτίας και επαναδιατροφής να φτάνουν το ίδιο μέγεθος με άτομα του ίδιου είδους που ζουν σε φυσιολογικές συνθήκες. Ο μηχανισμός που τείνει να επαναφέρει την αύξηση σε κανονική τροχιά ονομάζεται αύξηση αντιστάθμισης και στη βιβλιογραφία εμφανίζεται ως «*growth compensation*».

Αρχικά, η μελέτη της αύξησης της αντιστάθμισης εφαρμόστηκε στα θηλαστικά, ενώ στη συνέχεια εφαρμόστηκε πειραματικά σε μια ομάδα κατοικίδιων ζώων (Wilson & Osbourn 1960). Αργότερα, στις δεκαετίες του 1970 και του 1980 πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες εργασίες σε ψάρια, όπου τα αποτελέσματα αυτών, δεν επιβεβαίωσαν τις ζητούμενες προσδοκίες σχετικά με τους ρυθμούς αύξησης, σε διαδοχικές περιόδους ασιτίας (Bilton & Robins 1973, Zivkov 1982). Στη συνέχεια, στις αρχές της δεκαετίας του 1990, εμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία εργασίες περισσότερο ολοκληρωμένες και συγκροτημένες, δίνοντας έμφαση σε είδη που σχετίζονται με την ιχθυοκαλλιέργεια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το φαινόμενο της αύξησης της αντιστάθμισης να τραβήξει την προσοχή των επιστημόνων όσον αφορά

το χώρο της υδατοκαλλιέργειας. Σήμερα, το συγκεκριμένο θέμα έχει μελετηθεί σε σημαντικό αριθμό ειδών ψαριών, (Jobling *et al.* 1994, Hayward *et al.* 2000, Zhu *et al.* 2001, Jobling *et al.* 1993, Zhu *et al.* 2003, Ali *et al.* 2003, Πανταρίδης 2005, Μακρυβέλιος 2007).

Ωστόσο, δεν είναι ακόμα εξακριβωμένο ποιος είναι ο ρόλος της αύξησης αντιστάθμισης σε φυσικούς πληθυσμούς ή το πώς μπορεί το φαινόμενο να χρησιμοποιηθεί στην ιχθυοκαλλιέργεια. Σχεδόν όλες οι πειραματικές εφαρμογές έχουν πραγματοποιηθεί σε εργαστήρια, με συνέπεια να γνωρίζουμε ελάχιστα για την επίδραση του φαινομένου σε φυσικούς πληθυσμούς.

Η σπουδαιότητα της αύξησης αντιστάθμισης σε άτομα ή ομάδες ατόμων που περνούν περιόδους ασιτίας, είναι η επίτευξη μεγέθους περίπου ίδιου με του οργανισμού ο οποίος βρίσκεται πάντα σε περιβάλλον με επάρκεια τροφής (Risca *et al.* 1984).

Η πιθανή θετική εφαρμογή του φαινομένου της αντιστάθμισης στις ιχθυοκαλλιέργειες, εκτός της εξοικονόμησης της τροφής από τη διατροφή των ψαριών που συνεπάγεται σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής, έχει ως άμεσο αποτέλεσμα και τη μείωση των επιπτώσεων της εκτροφής στο υδάτινο περιβάλλον.

Τα μέχρι τώρα στοιχεία από τη μελέτη του φαινομένου της ανάπτυξης αντιστάθμισης στα εκτρεφόμενα ψάρια, επικεντρώνονται στην επίδραση της θερμοκρασίας (Maclean & Metcalfe 2001) ή της ποσότητας της τροφής (Zhu *et al.* 2001) ή και της συχνότητας εναλλαγής ασιτίας - επαναδιατροφής (Quinton & Blake 1990). Αξιολογούνται δε σε σχέση με το τελικό βάρος που αποκτούν τα ψάρια, μετά την επαναδιατροφή τους, σε σχέση με αυτό των ατόμων στα οποία η παροχή της τροφής συνεχίζονταν κανονικά. Το φαινόμενο δεν έχει μελετηθεί στην τσιπούρα εκτενώς, ούτε ως προς την επίδραση της θερμοκρασίας, ούτε και ως προς την

ποσότητα της προσφερόμενης τροφής όπως επίσης και για τα χρονικά διαστήματα εναλλαγής ασιτίας ή περιορισμένης διατροφής - επαναδιατροφής.

Το γεγονός αυτό καθώς και ο γενικότερος προβληματισμός που υπάρχει στον κλάδο των ιχθυοκαλλιεργειών στη χώρα μας αλλά και παγκόσμια, σχετικά με την ανάγκη μείωσης του κόστους παραγωγής, οδήγησε στο σχεδιασμό της παρούσας εργασίας δεδομένου ότι η τσιπούρα αποτελεί το κυριότερο είδος που εκτρέφεται σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς στη χώρα μας.

1.4.1 Είδη αντιστάθμισης

Τα είδη αντιστάθμισης διακρίνονται:

- Στη πλήρη αντιστάθμιση κατά την οποία τα άτομα που στερήθηκαν τροφής κατορθώνουν τελικά και φθάνουν το ίδιο μέγεθος με αυτά στα οποία προσφέρονταν τροφή συνεχώς.
- Στη μερική αντιστάθμιση κατά την οποία παρατηρείται αποτυχία των ατόμων που πέρασαν περίοδο ασιτίας να φτάσουν στο μέγεθος τα άτομα στα οποία η τροφή προσφέρονταν χωρίς διακοπή. Όμως, τα άτομα αυτά ανέπτυξαν ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης, γεγονός που ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι παρουσίασαν καλύτερη μετατρεψιμότητα τροφής κατά τη διάρκεια της επαναδιατροφής τους.
- Στην υπέρ-αντιστάθμιση κατά την οποία τα άτομα που πέρασαν μία περίοδο ασιτίας κατορθώνουν και ξεπερνάνε σε μέγεθος τα αντίστοιχα άτομα στα οποία η τροφή προσφέρονταν χωρίς διακοπή (Ali *et al.* 2003).

1.4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της αντιστάθμισης είναι:

1. Η επίδραση του πρωτοκόλλου ταΐσματος (διάρκεια μερικής ή ολικής ασιτίας, διάρκεια επαναδιατροφής)
2. Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση αντιστάθμισης. Οι κυριότεροι εξ' αυτών είναι: η θερμοκρασία, η αλατότητα, η παροχή οξυγόνου, η ιχθυοφόρτιση και η παραλλακτικότητα των μεγεθών.

3. Επιπτώσεις επί των συστατικών και των οργάνων του σώματος

Ο τύπος της αύξησης αντιστάθμισης μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά τα συστατικά του σώματος (Weatherley & Gill 1981, Quinton & Blake 1990).

4. Απώλεια βάρους και αύξηση της αντιστάθμισης

Η αύξηση της αντιστάθμισης είναι δυνατό να ευνοείται από τη μείωση του ρυθμού μεταβολισμού του ψαριού κατά τη διάρκεια στέρησης της τροφής. Οι Wieser *et al.* (1992) πρότειναν 4 φάσεις αντίδρασης στον περιορισμό τροφής και της επακόλουθης επανασίτισης:

- i) τη φάση της καταπόνησης, που χαρακτηρίζεται από ένα καθεστώς υπέρ-ενεργητικότητας (π.χ. αναζήτηση τροφής),
- ii) τη φάση της αλλαγής με τη συνεχιζόμενη στέρηση της τροφής, τη μείωση του κανονικού ρυθμού της αναπνοής όπως και της κινητικότητας,
- iii) τη φάση της προσαρμογής με τη σταθεροποίηση του μεταβολισμού σε χαμηλά επίπεδα και

iv) τη φάση της αποκατάστασης όπου γίνεται απότομη αύξηση των επιπέδων κατανάλωσης οξυγόνου, αλλά και της αύξησης σε απόλυτη σχέση με την περίοδο της ασιτίας.

5. Εποχική διακύμανση

Η εποχική διακύμανση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον παράγοντα θερμοκρασία. Έτσι, λοιπόν, ο σολομός, (*Salmon salar*) στις χαμηλές θερμοκρασίες του φθινοπώρου εμφάνισε μικρή αντιστάθμιση, σε αντίθεση με το καλοκαίρι, κατά το οποίο οι υψηλές θερμοκρασίες ευνόησαν την αύξηση της αντιστάθμισης (Maclean & Metcalfe 2001).

1.5. Παραλλακτικότητα μεγεθών

Το φαινόμενο της ανομοιομορφίας των μεγεθών αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως “Tobi-Koi phenomenon” (Nakamura & Kasahara 1995), ως “size hierarchy effect, ιεράρχηση μεγεθών» (Brown 1957) και ως “growth depensation, διαφοροποίηση ανάπτυξης” (Ricker 1958). Κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες παραγωγής η διαφοροποίηση των μεγεθών εμφανίζεται νωρίς τις πρώτες βδομάδες μετά την εκκόλαψη των ιχθυδίων (Purdom *et al.* 1972, Bowers 1974, Purdom 1974, Beyer & Laurence 1980, Fukuhara 1983, Chambers *et al.* 1988). Οι σχέσεις μεταξύ των ατόμων της ίδιας ομάδας, η κατανάλωση τροφής η ιχθυοπυκνότητα, οι γενετικοί παράγοντες, η αξιοποίηση ενέργειας τροφής, περιβαλλοντικοί παράγοντες κατά την εκτροφή, έχουν θεωρηθεί ως αιτία διαφοροποίησης του ρυθμού ανάπτυξης και κατά συνέπεια της εμφάνισης του φαινομένου της παραλλακτικότητας των μεγεθών σε ομάδες ιχθυδίων.

1.6. Σκοπός της παρούσας εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης στην εντατική εκτροφή τσιπούρας σε κλειστό σύστημα κυκλοφορίας νερού και μέσου βάρους περίπου 2.5 g. Συγκεκριμένα στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να εξεταστεί η επίδραση της διάρκειας της ασιτίας στην τσιπούρα καθώς και πως η ασιτία μπορεί να επιδράσει στην παραλλακτικότητα των μεγεθών. Επιπροσθέτως πραγματοποιήθηκε και μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών (πρωτεΐνη, λίπος, υγρασία και τέφρα).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά

Το πείραμα έλαβε χώρα στον εργαστηριακό χώρο των Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικ. 2.). Χρονικά είχε διάρκεια 48 ημέρες, και συγκεκριμένα από 25/5/2012 έως 12/7/2012.

Πρωτίστως, για να μπορεί το εργαστήριο να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες επεμβάσεις σ' αυτό, όπως ο καθαρισμός των δεξαμενών, των φίλτρων και των σωληνώσεων του συστήματος καθώς καθαρίστηκε και γενικά όλος ο χώρος του εργαστηρίου. Επιπλέον, καταγράφηκαν και αγοράστηκαν τα απαιτούμενα για τη διεξαγωγή του πειράματος, όργανα και αναλώσιμα.

Η χρονική διάρκεια του πειράματος ήταν περίπου επτά (7) εβδομάδες (σαράντα οχτώ (48) ημέρες) και χρησιμοποιήθηκαν άτομα τσιπούρας ηλικίας έξι (6) μηνών περίπου που μεταφέρθηκαν από τον ιχθυογεννητικό σταθμό της μονάδας ΔΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ Α.Β.Ε.Ε. που βρίσκεται στην περιοχή Ντάπια Αχλαδίου του διευρυμένου δήμου Στυλίδας. Τα ψάρια μεταφέρθηκαν με ιδιωτικό αυτοκίνητο σε πλαστικές τετράγωνες δεξαμενές, όγκου 50 l. Κατόπιν μοιράστηκαν τυχαία σε τέσσερις (4) κυλινδροκωνικές δεξαμενές και παρέμειναν εκεί για δέκα μέρες πριν την έναρξη του πειράματος προκειμένου να εγκλιματιστούν. Οι δεξαμενές ήταν μαύρου χρώματος και χωρητικότητας 400 l (Εικ 2.1.). Επιπροσθέτως, οι εν λόγω δεξαμενές περιείχαν θαλασσινό νερό και ήταν συνδεδεμένες στο ίδιο κύκλωμα με άλλες 4 δεξαμενές οι οποίες περιείχαν μόνο νερό και βοηθούσαν στον καλύτερο καθαρισμό του νερού. Το κλειστό αυτό κύκλωμα διαχείρισης του νερού

περιελάμβανε μηχανικό, χημικό και βιολογικό φίλτρο τύπου Tetra Pond PF 10.000 και UV (Εικ. 2.2.).



Εικόνα 2. :Εξωτερική άποψη του σταθμού εκτροφής ψαριών (φωτογραφία συγγραφέα).



Εικόνα 2.1: Εσωτερική άποψη του σταθμού με την συστοιχία των μαύρων δεξαμενών των 400 L (φωτογραφία συγγραφέα).



Εικόνα 2.2: Το μηχανικό, χημικό και βιολογικό φίλτρο (φωτογραφία συγγραφέα).

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Στις 24/5/2012 (μία ημέρα προτού ξεκινήσει το πείραμα), 260 ψάρια ζυγίστηκαν με ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου οπότε προέκυψε μέσο βάρος $2,55 \pm 0,01$ g (μέσο βάρος \pm τυπικό σφάλμα), (Εικ. 2.3.). Ταυτόχρονα μετρήθηκε το ολικό μήκος των ατόμων σε mm με ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου οπότε προέκυψε μέσο μήκος $56,51 \pm 0,16$ mm (Εικ. 2.4.). Στη συνέχεια τα ψάρια χωρίστηκαν τυχαία σε δύο (2) ομάδες και κάθε ομάδα κατέλαβε δύο δεξαμενές (2 δεξαμενές-επαναλήψεις / ομάδα).

Οι ομάδες που προέκυψαν ήταν:

- i) των μαρτύρων M, η οποία ταΐζονταν καθημερινά, (δυο επαναλήψεις)
- ii) της μεταχείρισης B, με δύο (2) εβδομάδες τάισμα-ασιτία , εναλλάξ ανά ημέρα (μία μέρα τάισμα μια μέρα ασιτία), και δύο (2) εβδομάδες καθημερινό τάισμα (δυο επαναλήψεις).

Πιο συγκεκριμένα, βάση του πρωτοκόλλου που καθορίσαμε, κάθε βδομάδα τάισματος απαρτίζονταν ουσιαστικά από 6 ημέρες. Έτσι, αρχικά τα ιχθύδια θα

ταΐζονταν κάθε δεύτερη ημέρα για 12 ημέρες, ενώ τις υπόλοιπες 12 ημέρες θα σιτίζονταν καθημερινώς. Αυτό πραγματοποιήθηκε για 48 ημέρες συνολικά και οι 2 ομάδες έμεναν άσιτες συνολικά για 12 ημέρες.

Στα ψάρια προσφέρονταν τροφή 2 φορές την ημέρα (10.00 και 17.00). Οι ιχθυοτροφές ήταν σύμπηκτα (pellets) της εταιρείας Biomar, τύπου INICIO PLUS. Η σύσταση των ιχθυοτροφών ήταν η ακόλουθη: 56% ολική πρωτεΐνη, 18% ολικά λίπη, 8,2% ελεύθερες αζώτου εκχυλισματικές ουσίες (ENEO), 10,9% τέφρα, 0,2% ολική κυτταρίνη και 1,6% ολικός φώσφορος. Η προσφερόμενη ποσότητα τροφής ήταν αυτή που πρότεινε μέσα από τους πίνακες εκτροφής της η εταιρία ιχθυοτροφών (συναρτήσει της θερμοκρασίας και του μεγέθους των ψαριών) και αναπροσαρμοζόταν στη βιομάζα της κάθε δεξαμενής όπως αυτή προέκυπτε μετά από κάθε εβδομαδιαίο ζύγισμα όλων των ατόμων.

Το θαλασσινό νερό (αλατότητας ~25 psu) προέρχονταν από την περιοχή των Αλυκών στον Βόλο. Το νερό αντλούνταν και μεταφέρονταν στο χώρο του σταθμού με τη συνδρομή και υποστήριξη του Δημοτικού Οργανισμού Καθαριότητας του Δήμου Βόλου και στη συνέχεια τοποθετούνταν στις δεξαμενές αποθήκευσης καθώς και στον υδατόπυργο του σταθμού. Το νερό των δεξαμενών ανακυκλώνονταν κατά τη διάρκεια της ημέρας (6,5 m³/h) περνώντας με τη βοήθεια αντλιών από μηχανικό, χημικό και βιολογικό φίλτρο και στη συνέχεια από υπεριώδη ακτινοβολία (U.V). Η ανανέωση νερού γίνονταν όταν αυτή κρίνόταν σκόπιμη. Η μέση θερμοκρασία του νερού κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν 20,4 °C (max 22,5 °C & min 18,3 °C). Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό οποίες καταγράφονταν ανά τακτά διαστήματα με οξυγονόμετρο τύπου Hanna hi 9143 μετά το δεύτερο τάισμα, ήταν πάντοτε πάνω από 5 p.p.m. Σε κάθε δεξαμενή υπήρχε μία πέτρα αέρα για το διασκορπισμό του παρεχόμενου αέρα από τους δύο αεροσυμπιεστές. Επίσης, για την

παροχή του αέρα είχαν τεθεί σε λειτουργία δύο αεροαντλίες. Οι δύο αεροαντλίες δούλευαν εναλλάξ ανά μία ώρα, με την βοήθεια χρονοδιακόπτη, με σκοπό την καλή και ασφαλή τους λειτουργία. Η αλατότητα καθώς και το pH του νερού μετριόταν εβδομαδιαίως (αλατόμετρο WTW LF 330 και pH-άμετρο Metrohm). Η αμμωνία κυμάνθηκε σε χαμηλές τιμές σύμφωνα με τις ενδείξεις του τεστ NH₃/NH₄ TETRATEST.

Στη διάρκεια των εβδομάδων που προσφέρονταν τροφή, αυτή διακόπτονταν μια μέρα πριν από κάθε ζύγισμα, ώστε σε κάθε ζύγισμα των ατόμων να προηγείται μία ημέρα νηστείας. Τα ζυγίσματα πραγματοποιούνταν κάθε δώδεκα (12) ημέρες. Πιο συγκεκριμένα, εκτός την 1^η μέτρηση όπου μετρήθηκαν όλα τα άτομα, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις αντιπροσωπευτικές του πληθυσμού δειγματοληψίες στις οποίες καταγράφηκαν μετρήσεις βάρους και ολικού μήκους των ψαριών, την 13^η, 25^η, 37^η και 49^η ημέρα. Η διαδικασία της μέτρησης ήταν η ακόλουθη. Αρχικά τα ψάρια εξαλειούνταν από τις δεξαμενές με απόχες. Στην συνέχεια τοποθετούνταν σε πλαστικό κουβά με αναισθητικό (φαινοξυαιθυλο-αλκοόλη). Μετά το στάδιο της αναισθησίας, μετρούνταν το ολικό μήκος τους, με την βοήθεια ιχθυομέτρου. Έπειτα, από τη μέτρηση του ολικού μήκους, με την χρήση ζυγαριάς τύπου PRECISA 310M λαμβάνονταν το βάρος τους. Στην συνέχεια τοποθετούνταν σε πλαστικό κουβά με καλά οξυγονωμένο θαλασσινό νερό. Κατά το στάδιο αυτό τα ψάρια αναλάμβαναν τις αισθήσεις τους και στο τέλος με μικρή απόχη επανατοποθετούνταν στην αρχική τους δεξαμενή. Οι θνησιμότητες καταγράφονταν ημερησίως.



Εικόνα 2.3.: Μέτρηση Βάρους (φωτογραφία συγγραφέα).



Εικόνα 2.4.: Μέτρηση Μήκους (φωτογραφία συγγραφέα).

2.3. Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων

Τα ψάρια εκτέθηκαν σε φυσική φωτοπερίοδο. Για τον υπολογισμό της μετατρεψιμότητας της τροφής (F.C.R.) χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$\text{F.C.R} = \text{τροφή που χορηγήθηκε (g)} / \text{αύξηση βιομάζας ιχθύων (g)}$$

Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (Specific Growth Rate, S.G.R), ο οποίος εκφράζει την ποσοστιαία αύξηση του ολικού βάρους ενός εκτρεφόμενου πληθυσμού τις ημέρες που σιτίστηκε, υπολογίστηκε ως εξής:

$$S.G.R = 100 * (\ln W_2 - \ln W_1) / t_2 - t_1$$

όπου: W_1 το αρχικό βάρος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή t_1 και το W_2 το τελικό βάρος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή t_2 .

Για τον υπολογισμό του συντελεστή παραλλακτικότητας (CV%) χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$CV = (\text{τυπική απόκλιση} / \text{μέσο όρο}) \times 100$$

Στα σχήματα και στους πίνακες στα οποία φαίνονται οι μέσοι όροι βάρους, εμφανίζεται το τυπικό σφάλμα (se) και όχι η τυπική απόκλιση (sd).

2.4 Χημικές αναλύσεις

2.4.1 Προσδιορισμός Υγρασίας - Ξηράς ουσίας

Για τον υπολογισμό της υγρασίας και της ξηράς ουσίας χρησιμοποιήθηκαν δείγματα ολικού σώματος και μυϊκού ιστού ψαριών των οποίων η ξήρανση πραγματοποιήθηκε σε φούρνο. Πριν την εναπόθεσή τους στο φούρνο, τα δείγματα ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε κυτία αλουμινοχαρτού, το βάρος των οποίων είχε προζυγιστεί ούτως ώστε να αφαιρεθεί μετά το πέρας του ψησίματος. Τα δείγματα παρέμειναν στον φούρνο για 24 ώρες σε σταθερή θερμοκρασία των 105°C. Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία του ψησίματος, τα δείγματα παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου έως ότου κρυώσουν και να είναι σε θέση να ξαναζυγιστούν. Τελικά, η υγρασία και η ξηρή ουσία των δειγμάτων υπολογίστηκε ως με τον εξής τρόπο:

$$W_{\text{ξηρού δείγματος}} (g) = W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} (g) - W_{\text{δισκίου}} (g)$$

$$Υγρασία \text{ δείγματος } (g) = W_{\text{αρχικού δείγματος}} (g) - W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& δισκίου}} (g)$$

$$Υγρασία (\%) = [Υγρασία \text{ δείγματος } (g) * 100] / W_{\text{αρχικού δείγματος}} (g)$$

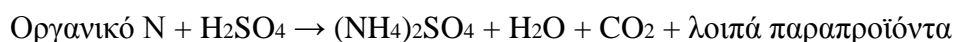
$$Ξηρά ουσία (\%) = [100 - Υγρασία (\%)]$$

2.4.2 Προσδιορισμός ολικών αζωτούχων ουσιών

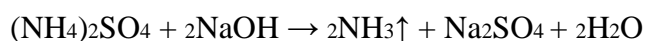
Ο προσδιορισμός της πρωτεΐνης τόσο στο ολικό σώμα όσο και στο μυϊκό ιστό των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Kjeldahl.

Πρώτα, 0,2 g δείγματος ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας με τη βοήθεια προζυγισμένου κυτίου αλουμινόχαρτου και τοποθετήθηκαν με περίσσια προσοχή σε ειδική φιάλη βρασμά των 500 ml. Εν συνεχεία, προστέθηκαν σε κάθε μία φιάλη δύο (2) ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl (5 g Potassium Sulphate K_2SO_4 και 5 g copper (II) Sulphate $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) και 15 ml πυκνού H_2SO_4 και τοποθετήθηκαν κάτω από απαγωγό στην συσκευή βρασμού μέσα σε ειδική υποδοχή ώστε κάθε φιάλη να είναι ανεξάρτητη από τις άλλες.

Ακολούθησε η διαδικασία της πέψης στους 150 °C για 85 περίπου λεπτά. Το στάδιο αυτό είναι απαραίτητο ώστε να διασπαστούν οι αζωτούχες ουσίες και κατ' επέκταση το άζωτο που απελευθερώνεται από το δείγμα δεσμεύεται σε θειικό αμμώνιο και κατακρατείται μέσα στην φιάλη. Η αντίδραση που πραγματοποιείται φαίνεται παρακάτω:



Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της πέψης, τα δείγματα παρέμειναν στον απαγωγό για 30 περίπου λεπτά, με σκοπό να κρυώσουν και να παγιδευτεί τόσο το CO₂ όσο και τα παραπροϊόντα που βρίσκονταν σε αέρια μορφή. Κατόπιν, σειρά έχει η διαδικασία της απόσταξης κατά την οποία οι φιάλες με τα δείγματα τοποθετήθηκαν στη συσκευή διαδοχικά (μια κάθε φορά) μαζί με μια καθαρή φιάλη τύπου Erlenmeyer των 300 ml στην οποία προστέθηκαν 4 σταγόνες από ερυθρό του μεθυλίου. Μετά, αφού ρυθμίστηκε η συσκευή στο κατάλληλο πρόγραμμα έτσι ώστε σε κάθε δείγμα να προστίθεται αυτόματα 100 ml αποσταγμένου νερού, 80 ml υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και 50 ml βορικού οξέος (H₂BO₃) στην κωνική φιάλη, αφήσαμε τη συσκευή να ολοκληρώσει τη διαδικασία μόνη της έτσι ώστε στο τέλος το βορικό αμμώνιο συγκεντρώθηκε στη κωνική φιάλη. Η χρονική διάρκεια της διαδικασίας της απόσταξης ήταν 6 λεπτά για κάθε δείγμα, κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και σαν αποτέλεσμα αποδεσμεύεται αμμωνία (NH₃) σε αέρια μορφή και θειικό νάτριο (Na₂SO₄). Η ελεύθερη αμμωνία, στη συνέχεια, αντιδρά με βορικό οξύ (H₃BO₃) με αποτέλεσμα το άζωτο του δείγματος να δεσμεύεται υπό τη μορφή βορικού αμμωνίου (NH₄⁺, H₂BO₃⁻), σύμφωνα με τις ακόλουθες αντιδράσεις:



Στη συνέχεια, ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης, όπου η κωνική φιάλη με το βορικό αμμώνιο, μαζί με ένα μαγνήτη, τοποθετήθηκε σε ειδική βάση περιστροφής για να ανακινείται συνεχώς την ώρα που προσθέτονταν δεκατοκανονικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (N/10). Στο σημείο στο οποίο σταματά να αλλάζει το χρώμα σημειωνόταν το ποσό του HCl που καταναλώθηκε. Έτσι, με τον παρακάτω τύπο υπολογίστηκε η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης μέσα στα δείγματα:

$$\text{Περιεκτικότητα Πρωτεΐνης \%} = (\text{ml HCL} - \text{ml Blank}) * 0,8754 / \text{Βάρος δείγματος, g}$$

Όπου Blank : τα ml HCL τιτλοδότησης κενής φιάλης (χωρίς δείγμα), η οποία χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

2.4.3 Προσδιορισμός ολικών λιπαρών ουσιών

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπαρών ουσιών τόσο από το ολικό σώμα όσο και από τον μυϊκό ιστό των ψαριών πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Soxhlet. Αρχικά, σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίστηκε, το βάρος κενών δοχείων μαζί με πέτρες βρασμού (W1). Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε μέσα στο δοχείο ζέσεως ειδικός χάρτινος ηθμός, που βρίσκονταν εντός του ζυγού και μηδενίστηκε η ακόλουθη ένδειξη. Έπειτα, στον χάρτινο ηθμό προστέθηκε 1g ξηράς ουσίας δείγματος (W2). Τέλος, στα δείγματα πριν μεταφερθούν στη ειδική συσκευή εκχύλισης και απόσταξης του λίπους προστέθηκε μέσα στα δοχεία 150 ml διαλύματος πετρελαϊκού αιθέρα.

Η διαδικασία απόσταξης του λίπους, στη συσκευή Soxtherm, έλαβε χώρα σε πέντε στάδια. Το πρώτο στάδιο αποτελείται από τη θερμή εκχύλιση, όπου το δείγμα βυθίζεται στον υπό βρασμό διαλύτη στους 150° C για 25 λεπτά και μία σημαντική ποσότητα λίπους αρχίζει να απελευθερώνεται από το δείγμα. Στο δεύτερο στάδιο, έχουμε την πρώτη εξάτμιση, όπου ο διαλύτης, πετρελαϊκός αιθέρας, μειώνεται αισθητά από τα δοχεία εκχύλισης. Η ποσότητα του διαλύτη που περισσεύει συλλέγεται στη δεξαμενή ανάκτησης, στο πίσω μέρος της συσκευής. Στο τρίτο στάδιο, η ποσότητα λίπους που περίσσεψε στα δείγματα εκχυλίστηκε για 1 ώρα και 30 λεπτά, από την επανυγροποίηση των ατμών του διαλύτη. Στο στάδιο αυτό ο διαλύτης διερχόμενος από κάθε ηθμό που περιείχε δείγμα, συλλέγει το λίπος από το δοχείο ζέσεως. Με τη διαδικασία αυτή, εξασφαλίζεται η εκχύλιση όλων των λιπαρών

ουσιών στα δείγματα. Κατόπιν, ακολουθεί το τέταρτο στάδιο που συμπεριλαμβάνει τη δεύτερη εξάτμιση του πετρελαϊκού αιθέρα σύμφωνα με την οποία, ο περίσσιος όγκος του διαλύτη αποστάζεται στη δεξαμενή αποθήκευσης για μελλοντική επανάκτηση. Στο πέμπτο στάδιο αφού εξατμιστεί ο διαλύτης, οι ολικές λιπαρές ουσίες βρίσκονται στο πάτο του δοχείου, τα οποία ανυψώνονται από τις εστίες θέρμανσης αυτόματα.

Στο τέλος της εκχύλισης τα δοχεία ζέσεως αφαιρέθηκαν από την συσκευή και τοποθετήθηκαν στο φούρνο για 30 λεπτά στους 75 °C, ώστε να εξατμιστεί και η παραμικρή ποσότητα πετρελαϊκού αιθέρα που μπορεί να υπάρχει στο δοχείο. Μετά το πέρας των 30 λεπτών ακολούθησε η ζύγιση των δοχείων μαζί με τις πέτρες αφού αυτά έχουν κρυώσει καλά και έχουμε αφαιρέσει τους χάρτινους ηθμούς . Η διαφορά του μικτού βάρους δοχείου με το λίπος και το αρχικό βάρος του κενού δοχείου με τις πέτρες έδωσε το βάρος του λίπους στο δείγμα (W3). Η περιεκτικότητα του κάθε δείγματος σε ολικά λιπίδια υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ολικά λιπίδια (\%)} = [(W_3 - W_1) / W_2] * 100$$

Όπου $W_3 - W_1$ = Βάρος του λίπους σε g και W_2 = Καθαρό βάρος του δείγματος
σε g

2.3.4 Προσδιορισμός Τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία ενός δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας ποσότητα 1 g ξηρής ουσίας δείγματος σε αποτεφρωτήρα για 12 ώρες σε θερμοκρασία 600 °C (AOAC, 1995). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, στα οποία τοποθετήθηκαν τα προζυγισμένα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά το τέλος της αποτέφρωσης, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η

διαφορά του βάρους μεταξύ του άδειου αρχικά δισκίου και του δισκίου με το αποτεφρωμένο δείγμα έδωσε την ποσότητα της συνολικής ανόργανης ουσίας κάθε δείγματος. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολική ανόργανη ουσία υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$\text{Τέφρα (\%)} = [\text{Wt (g)} / \text{Wa (g)}] * 100$$

Όπου, Wa : αρχικό βάρος κενού δισκίου

Wt : τελικό βάρος δισκίου με το αποτεφρωμένο δείγμα

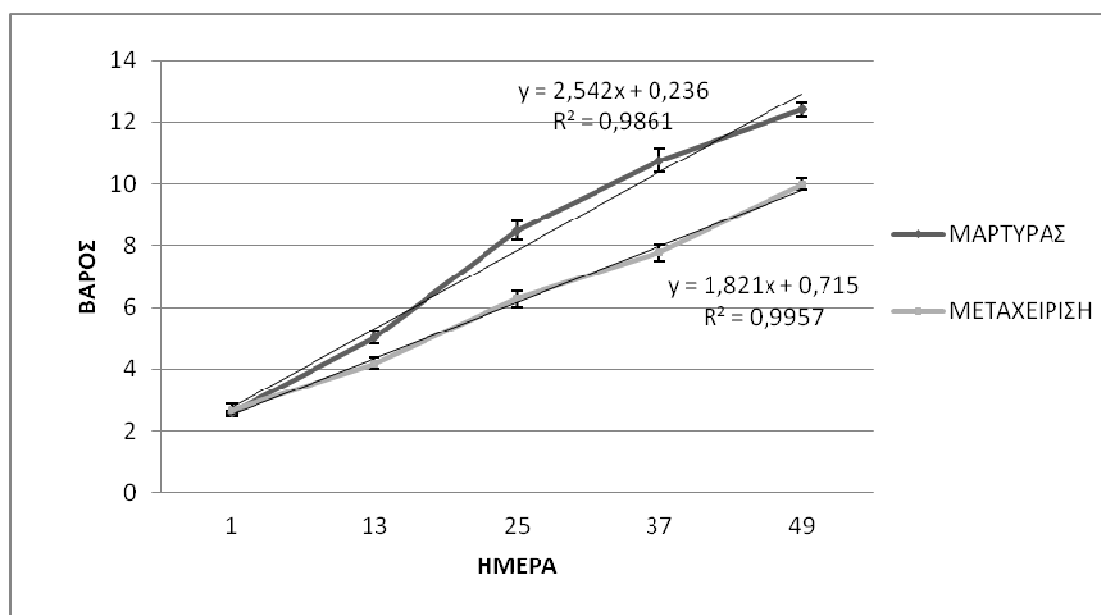
2.5 Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα των παραμέτρων ανάπτυξης των ψαριών, αξιοποίησης της τροφής και των αναλύσεων της χημικής σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 14, η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο Independent samples T-Test. Ως επίπεδο σημαντικότητας επελέγη το $\alpha=0,05$ ($P<0,05$). Επιπλέον, για την παράμετρο ανάπτυξης του βάρους μεταξύ των ατόμων του μάρτυρα και της μεταχείρισης χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA).

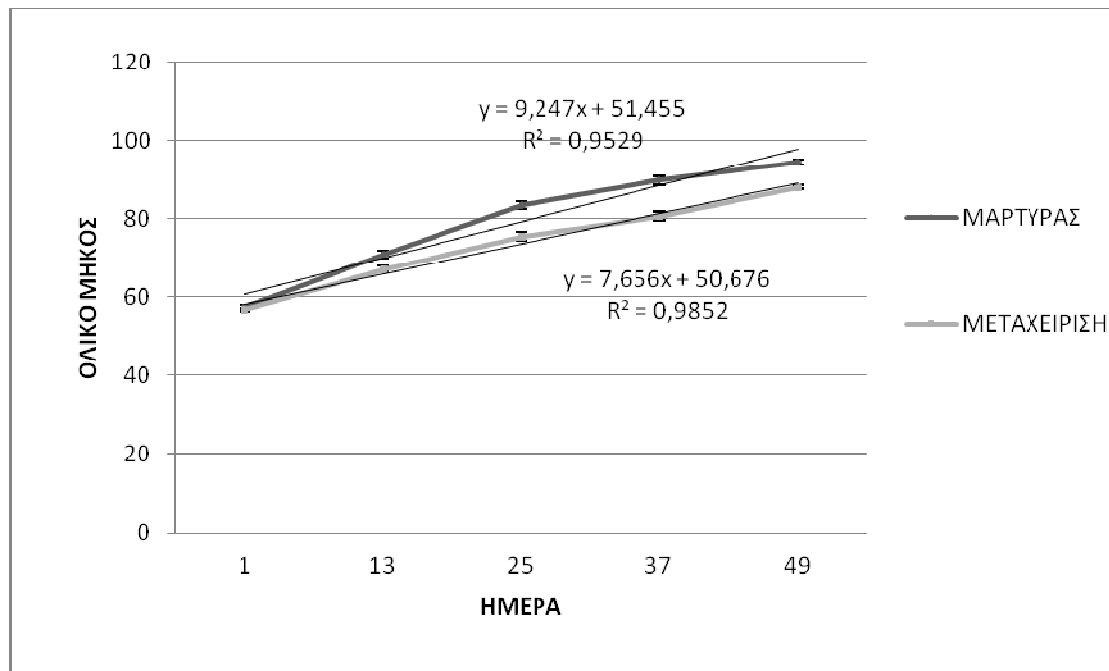
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αύξηση

Οι παράμετροι αύξησης που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν το ολικό σωματικό βάρος και το ολικό μήκος των ψαριών. Γενικά τα άτομα της μεταχείρισης δεν έδειξαν καμία μείωση τόσο στο βάρος όσο και στο μήκος τους. Επιπροσθέτως τα άτομα της μεταχείρισης, που πέρασαν περιόδους ασιτίας, δεν φαίνεται να κατάφεραν σε καμία περίπτωση να προσεγγίσουν την αύξηση των μαρτύρων και κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τους με αυτούς, οι οποίοι ακολούθησαν μια πιο ανοδική πορεία στην ανάπτυξη. Η εξέλιξη του βάρους και του μήκους των ψαριών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος φαίνεται στο Σχήμα 3.1 και 3.2 αντίστοιχα.



Σχήμα 3.1. Εξέλιξη του ολικού σωματικού βάρους καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος,. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα των μετρήσεων.



Σχήμα 3.2. Εξέλιξη του ολικού μήκους καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν το τυπικό σφάλμα των μετρήσεων.

Επιπλέον, μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και το πέρας των 49 ημερών, υπολογίστηκε ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (F.C.R) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (S.G.R) των ψαριών, τα αποτελέσματα των οποίων δίνονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Παράμετροι ανάπτυξης ιχθύων, μέσος όρος (x) ± τυπική απόκλιση (s.d.)

	Μάρτυρας	Μεταχείριση
F.C.R	1,17±0,04 ^a	1,40±0,25 ^b
S.G.R (%/ημέρα)	2,74±0,14 ^a	2,47±0,14 ^b

Σημείωση: Τα διαφορετικά γράμματα a,b στις τιμές σε οριζόντια διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

3.1.1. Κατά την έναρξη του πειράματος

Μετά την περίοδο προσαρμογής τους στον εργαστηριακό χώρο, τα ψάρια μετρήθηκαν ως προς το ολικό σωματικό βάρος και μήκος και προέκυψαν τα μέσα βάρη $2,51 \pm 0,83$ g και $2,67 \pm 0,68$ g για τους μάρτυρες 1 και 2 αντίστοιχα, και $2,69 \pm 0,38$ g και $2,67 \pm 0,46$ g για τα άτομα της μεταχείρισης 1 και 2 αντίστοιχα. Κατόπιν αυτού πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες στατιστικές αναλύσεις και προέκυψε ότι τόσο οι δυο επαναλήψεις της ομάδας του μάρτυρα όσο και οι ομάδες που συμμετείχαν στη μεταχείριση (2 επαναλήψεις) δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά (Πίν. 3.2) και συνεπώς οι ομάδες 1 και 2 των μαρτύρων και της μεταχείρισης ομογενοποιήθηκαν (Πίν. 3.3). Παράλληλα αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την πρώτη μέτρηση, οι μάρτυρες και οι μεταχειρίσεις δεν διέφεραν στατιστικά ούτε μεταξύ τους όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.3.

Όσον αφορά το ολικό σωματικό μήκος, αυτό για τους μάρτυρες 1 και 2 ήταν $56,32 \pm 0,75$ mm και $56,43 \pm 0,58$ mm, αντίστοιχα, ενώ για τις μεταχειρίσεις 1 και 2 ήταν $57,15 \pm 0,69$ mm και $56,14 \pm 0,78$ mm, αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση του μήκους, μεταξύ των μαρτύρων καθώς και μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν παρουσίασαν καμία στατιστική διαφορά (Πίν. 3.2), όπως συνέβη και ανάμεσα σε μάρτυρα και μεταχείριση με αποτέλεσμα οι δύο ομάδες σε κάθε περίπτωση να ομογενοποιηθούν και κατ' επέκταση να μην εμφανίσουν ούτε μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά την αρχική μέτρηση (Πίν. 3.2.).

3.1.2 Κατά τη 13^η ημέρα πειράματος

Στην δεύτερη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε άρχισε να διαφαίνεται ήδη η υπεροχή των μαρτύρων έναντι της μεταχείρισης. Έτσι τα μέσα ολικά βάρη που

προέκυψαν ήταν $5,03 \pm 0,19$ g για τον μάρτυρα και $4,18 \pm 0,18$ g και τη διαχείριση ενώ το μέσο ολικό μήκος $71,00 \pm 0,96$ mm και $67,15 \pm 0,86$ mm αντίστοιχα (Πιν. 3.3.). Παράλληλα όμως, ενώ οι μάρτυρες 1 και 2 και αντίστοιχα οι μεταχειρίσεις 1 και 2 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά (Πιν. 3.2.), αυτό συνέβη στη μεταξύ τους σύγκριση, του μάρτυρα και της μεταχείρισης, με επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$ (Πιν. 3.3.).

3.1.3 Κατά τη 25^η ημέρα πειράματος

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.3, στην τρίτη μέτρηση που λήφθηκε, η ομάδα των μαρτύρων είχε φτάσει κατά μέσο όρο τα $8,49 \pm 0,3$ g σε βάρος και τα $83,38 \pm 0,91$ mm σε ολικό μήκος. Από την άλλη μεριά, η ομάδα της μεταχείρισης απέκτησε, κατά μέσο όρο, βάρος της τάξεως των $6,27 \pm 0,27$ g και μήκος $75,55 \pm 1,00$ mm., πράγμα που αποδεικνύει πως αν και σιτίστηκε σε καθημερινή βάση το διάστημα που μεσολάβησε, δεν κατάφερε να πλησιάσει στην ανάπτυξη των μαρτύρων. Επιπλέον, από τις στατιστικές αναλύσεις φάνηκε ότι οι μέσοι όροι, τόσο του βάρους όσο και του μήκους των ομάδων του μάρτυρα και της διαχείρισης, διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους ($P < 0,05$).

3.1.4 Κατά τη 37^η ημέρα πειράματος

Από την τέταρτη μέτρηση στην 37^η ημέρα πειράματος, προέκυψε ότι τα άτομα της μεταχείρισης υστερούσαν ως προς το ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με αυτά των μαρτύρων. Πιο συγκεκριμένα, το μέσο βάρος και το μέσο ολικό μήκος της ομάδας των μαρτύρων ήταν $10,77 \pm 0,39$ g και $89,81 \pm 1,07$ mm αντίστοιχα, ενώ για την ομάδα της μεταχείρισης, το μέσο βάρος βρέθηκε να είναι $7,77 \pm 0,27$ g και το μέσο

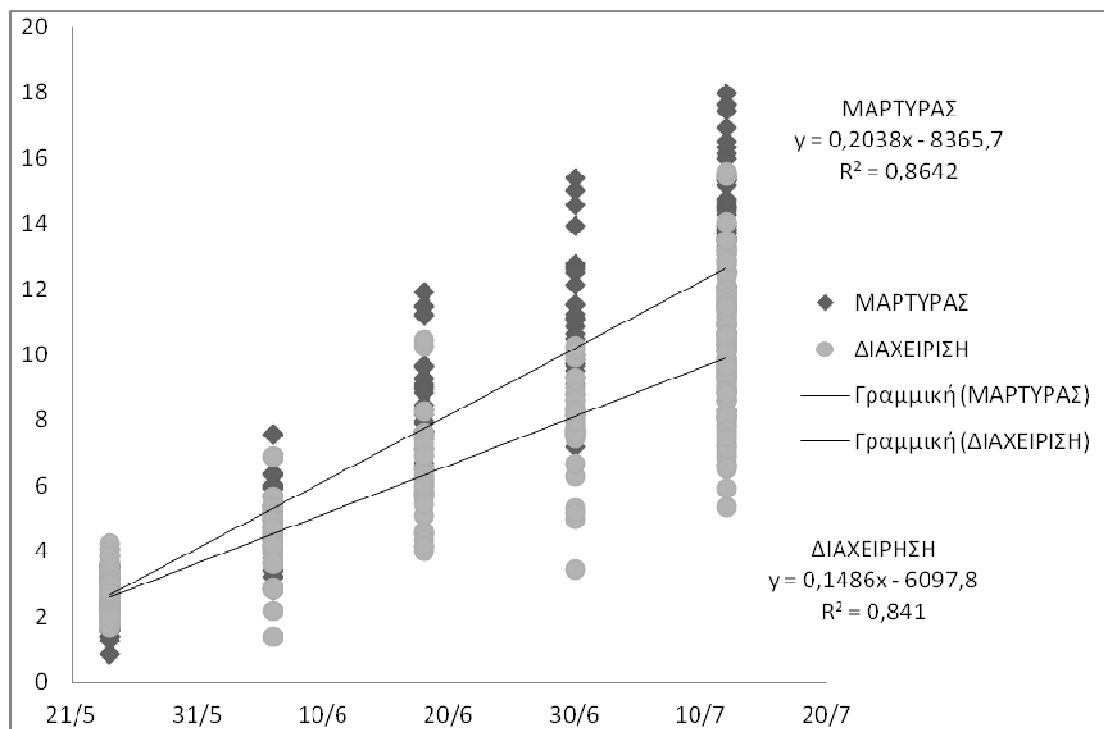
ολικό μήκος $80,73 \pm 1,08$ mm (Πιν. 3.3.). Επίσης, οι επακόλουθες στατιστικές αναλύσεις έδειξαν ότι μεταξύ των μαρτύρων και των διαχειρίσεων υπήρχαν στατιστικές διαφορές ($P < 0,05$), παρά το γεγονός ότι μεταξύ τους οι επαναλήψεις των μαρτύρων και της μεταχείρισης δε διέφεραν στατιστικά ($P > 0,05$).

3.1.5 Κατά το τέλος του πειράματος

Την 49^η ημέρα του πειράματος πραγματοποιήθηκε και η τελευταία μέτρηση στην οποία μετρήθηκαν όλα τα ψάρια του πειράματος. Έτσι προέκυψε ότι οι μάρτυρες 1 και 2 έφτασαν σε βάρος τα $12,61 \pm 0,35$ g και $12,24 \pm 0,33$ g αντίστοιχα και ολικό μήκος $94,52 \pm 0,93$ mm και $94,10 \pm 0,87$ mm αντίστοιχα, ενώ η μεταχείριση 1 τα $10,15 \pm 0,22$ g βάρος και $88,73 \pm 0,64$ mm μήκος και η μεταχείριση 2 τα $9,83 \pm 0,30$ g και $87,55 \pm 0,84$ mm (Πιν. 3.2.). Επιπροσθέτως, οι δύο ομάδες ομογενοποιήθηκαν, αφού δεν προέκυψαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ούτε στο βάρος ούτε στο μήκος. Κατ' επέκταση βρέθηκε το μέσο βάρος, $12,43 \pm 0,24$ g για την ομάδα των μαρτύρων και $9,99 \pm 0,19$ g για την ομάδα της μεταχείρισης, ενώ το μέσο μήκος για τους μάρτυρες ήταν $94,31 \pm 0,63$ mm και για τη μεταχείριση $88,14 \pm 0,53$ mm. Ακόμη, οι ομάδες των μαρτύρων και της μεταχείρισης αποδείχτηκε ότι διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους ($P < 0,05$) (Πιν. 3.3.), πράγμα που αποδεικνύει και τη διαφορά στην ανάπτυξη μεταξύ των δύο ομάδων.

Τέλος, στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση ANCOVA, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3, για την συνεπίδραση των ομάδων του μάρτυρα και της μεταχείρισης σε συνάρτηση το χρόνο, ώστε να ελεγχθεί πιθανή διαφορά στις κλίσεις των δυο ευθειών. Από την συγκεκριμένη ανάλυση προέκυψε ότι οι κλίσεις των ευθειών έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$) και κατ'

επέκταση, αφού οι ρυθμοί αύξησης ήταν διαφορετικοί καταλήγουμε στην μη εμφάνιση του φαινομένου της ανάπτυξης αντιστάθμισης στο συγκεκριμένο πείραμα.



Σχήμα 3.3.: Συσχέτιση της εξέλιξης του βάρους μεταξύ όλων των πειραματικών ομάδων των ιχθύων. Στον άξονα των Y παρουσιάζεται το βάρος και στον άξονα των X ο χρόνος (ημέρες).

Πίνακας 3.1. Ανάπτυξη (ολικό σωματικό βάρος και μήκος) των ομάδων του Μάρτυρα και της Μεταχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπικό σφάλμα (s.e.)), n: ο αριθμός των ατόμων.

	<u>1η Μέτρηση</u>		<u>2η Μέτρηση</u>		<u>3η Μέτρηση</u>		<u>4η Μέτρηση</u>		<u>5η Μέτρηση</u>	
Βάρος (g)	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n
Μάρτυρας 1	2,51 \pm 0,83 ^a	65	4,90 \pm 0,32 ^a	16	8,44 \pm 0,51 ^a	16	10,60 \pm 0,57 ^a	16	12,61 \pm 0,35 ^a	52
Μάρτυρας 2	2,67 \pm 0,68 ^a	65	5,17 \pm 0,22 ^a	16	8,55 \pm 0,32 ^a	16	10,94 \pm 0,54 ^a	16	12,24 \pm 0,33 ^a	52
Μεταχείριση 1	2,69 \pm 0,38 ^b	65	4,19 \pm 0,21 ^b	16	5,98 \pm 0,28 ^b	16	8,11 \pm 0,29 ^b	16	10,15 \pm 0,22 ^b	55
Μεταχείριση 2	2,67 \pm 0,46 ^b	65	4,37 \pm 0,31 ^b	16	6,56 \pm 0,48 ^b	16	7,41 \pm 0,42 ^b	16	9,83 \pm 0,30 ^b	55
Ολικό Μήκος(mm)	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n
Μάρτυρας 1	56,32 \pm 0,75 ^a	65	70,16 \pm 1,54 ^a	16	82,51 \pm 1,53 ^a	16	89,28 \pm 1,46 ^a	16	94,52 \pm 0,93 ^a	52
Μάρτυρας 2	56,43 \pm 0,58 ^a	65	71,84 \pm 1,16 ^a	16	84,24 \pm 1 ^a	16	90,33 \pm 1,59 ^a	16	94,10 \pm 0,87 ^a	52
Μεταχείριση 1	57,15 \pm 0,69 ^b	65	67,02 \pm 0,83 ^b	16	74,86 \pm 1,09 ^b	16	82,02 \pm 1,11 ^b	16	88,73 \pm 0,64 ^b	55
Μεταχείριση 2	56,14 \pm 0,78 ^b	65	67,29 \pm 1,55 ^b	16	76,25 \pm 1,69 ^b	16	79,44 \pm 1,82 ^b	16	87,55 \pm 0,84 ^b	55

Σημείωση: Τα διαφορετικά γράμματα a,b στις τιμές σε κάθετη διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

Πίνακας 3.2. Ανάπτυξη (μέσο ολικό σωματικό βάρος και μήκος) των ατόμων του Μάρτυρα και της Μεταχείρισης μετά την ομογενοποίηση των μετρήσεων (μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπικό σφάλμα (s.e.)), n:ο αριθμός των ατόμων.

	<u>1η Μέτρηση</u>		<u>2η Μέτρηση</u>		<u>3η Μέτρηση</u>		<u>4η Μέτρηση</u>		<u>5η Μέτρηση</u>	
Βάρος (g)	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n
Μάρτυρας	2,59 \pm 0,05 ^a	130	5,03 \pm 0,19 ^a	32	8,49 \pm 0,3 ^a	32	10,77 \pm 0,39 ^a	32	12,43 \pm 0,24 ^a	104
Μεταχείριση	2,68 \pm 0,19 ^a	130	4,18 \pm 0,18 ^b	32	6,27 \pm 0,27 ^b	32	7,77 \pm 0,27 ^b	32	9,99 \pm 0,19 ^b	110
Ολικό Μήκος (mm)	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n	$\bar{x} \pm \text{s.e.}$	n
Μάρτυρας	57,48 \pm 0,48 ^a	130	71,00 \pm 0,96 ^a	32	83,38 \pm 0,91 ^a	32	89,81 \pm 1,07 ^a	32	94,31 \pm 0,63 ^a	104
Μεταχείριση	56,65 \pm 0,26 ^a	130	67,15 \pm 0,86 ^b	32	75,55 \pm 1,00 ^b	32	80,73 \pm 1,08 ^b	32	88,14 \pm 0,53 ^b	110

Σημείωση: τα διαφορετικά γράμματα a,b σε κάθετη διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

3.2 Χημική Σύσταση

Μετά το πέρας του πειράματος θανατώθηκε μέρος των ψαριών από κάθε ομάδα ώστε να πραγματοποιηθούν οι χημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό της υγρασίας, της πρωτεΐνης, του λίπους και της τέφρας, τόσο στο ολικό σώμα των ψαριών, όσο και στο μυϊκό ιστό αυτών. Λόγω του μικρού μεγέθους των ψαριών κρίθηκε απαραίτητο να γίνει ομογενοποίηση των δειγμάτων για να προκύψει η απαραίτητη ποσότητα δείγματος. Έτσι για το ολικό σώμα επιλέχθηκαν τυχαία τρία (3) ψάρια από κάθε ομάδα και για το μυϊκό ιστό οχτώ (8). Αναλυτικά τα αποτελέσματα για το ολικό σώμα φαίνονται στον Πίνακα 3.4. και για το μυϊκό ιστό στον Πίνακα 3.5.

3.2.1 Αναλύσεις στο ολικό σώμα

Από τις αναλύσεις που έγιναν στο ολικό σώμα, το ποσοστό της υγρασίας σε ποσοστό επί τις εκατό (%) βρέθηκε να είναι $68,51 \pm 0,69$ για τους μάρτυρες του πειράματος και $69,38 \pm 1,65$ για τη μεταχείριση, χωρίς να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Παράλληλα, τα άτομα της μεταχείρισης που βίωσαν περιόδους ασιτίας, αποδείχτηκε ότι συγκέντρωσαν στο ολικό σώμα λίγο χαμηλότερα ποσοστά πρωτεΐνης επί του νωπού τους βάρους απ' ότι οι μάρτυρες που σιτιστήκαν σε καθημερινή βάση ($16,43 \pm 0,84\%$ έναντι $16,78 \pm 1,47\%$), αλλά η διαφορά ήταν ελάχιστη και δεν παρουσίασαν καμιά στατιστική διαφορά ($P > 0,05$).

Το αντίθετο συνέβη με τα ποσοστά λίπους που συγκέντρωσαν τα ψάρια του πειράματος καθώς οι ομάδες των μαρτύρων και των μεταχειρίσεων παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$). Έτσι, το ποσοστό λίπους των μαρτύρων ήταν $4,13 \pm 0,1\%$ επί του νωπού τους βάρους, σε αντίθεση με των μεταχειρίσεων, που

άγγιξε το $4,54 \pm 0,61\%$. Όσον αφορά τα ποσοστά τις τέφρας, αυτά κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα και χωρίς στατιστική διαφορά, με τους μάρτυρες να φτάνουν το $3,82 \pm 0,37\%$ και της μεταχείρισης το $3,85 \pm 0,52\%$ επί του νωπού βάρους του δείγματος.

Πίνακας 3.4. Χημική σύσταση του ολικού σώματος των ομάδων ψαριών επί του νωπού βάρους των δειγμάτων.

Χημική σύσταση (%)	Μάρτυρας	Μεταχείριση
Υγρασία	$68,51 \pm 0,69^a$	$69,38 \pm 1,65^a$
Πρωτεΐνη	$16,78 \pm 1,47^a$	$16,43 \pm 0,84^a$
Λίπος	$4,13 \pm 0,1^a$	$4,54 \pm 0,61^b$
Τέφρα	$3,82 \pm 0,37^a$	$3,85 \pm 0,52^a$

Σημείωση: μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπική απόκλιση (s.d.). Τα διαφορετικά γράμματα a,b σε οριζόντια διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$).

3.2.2 Αναλύσεις στο μυϊκό ιστό

Οι χημικές αναλύσεις στο μυϊκό ιστό ξεκίνησαν με τον προσδιορισμό του ποσοστού υγρασίας των ψαριών. Κατ' επέκταση οι μάρτυρες εμφάνισαν λίγο υψηλότερα ποσοστά υγρασίας σε σχέση με τη μεταχείριση αλλά χωρίς να εμφανίσουν σημαντικές στατιστικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα των μαρτύρων συγκέντρωσε ποσοστό υγρασίας της τάξεως των $74,49 \pm 0,71\%$ έναντι $73,59 \pm 2,10\%$ που συγκέντρωσε η ομάδα της μεταχείρισης. Επιπλέον, οι μάρτυρες κυμάνθηκαν σε ελαφρώς μεγαλύτερα ποσοστά συγκέντρωσης πρωτεΐνης στον μυϊκό τους ιστό, φτάνοντας σε ποσοστό το $16,91 \pm 1,71\%$ επί του νωπού βάρους του μυϊκού τους ιστού, έναντι του ποσοστού του $16,50 \pm 1,74\%$ που έφτασαν οι μεταχειρίσεις. Η στατιστική

ανάλυση των επιπέδων της πρωτεΐνης δεν έδειξε στατιστική διαφορά και κυμάνθηκε σε $P>0,05$.

Όπως φαίνεται και στο Πίνακα 3.5., η συγκέντρωση του λίπους στον μυϊκό ιστό των ψαριών της μεταχείρισης που πέρασαν περιόδους ασιτίας ξεπέρασε αυτή των μαρτύρων, οι οποίοι συγκέντρωσαν ποσοστό της τάξης του $2,83\pm 0,14\%$ έναντι $3,37\pm 0,58\%$ των μεταχειρίσεων. Βέβαια, οι δύο ομάδες των (Μάρτυρας και Μεταχείριση) παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ($P<0,05$) (Πιν. 3.5.). Τέλος, το ποσοστό συγκέντρωσης της τέφρας των μαρτύρων εμφάνισε ελάχιστα μεγαλύτερα ποσοστά έναντι των μεταχειρίσεων και χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ($P>0,05$) ($1,39\pm 0,03\%$ έναντι $1,35\pm 0,15$).

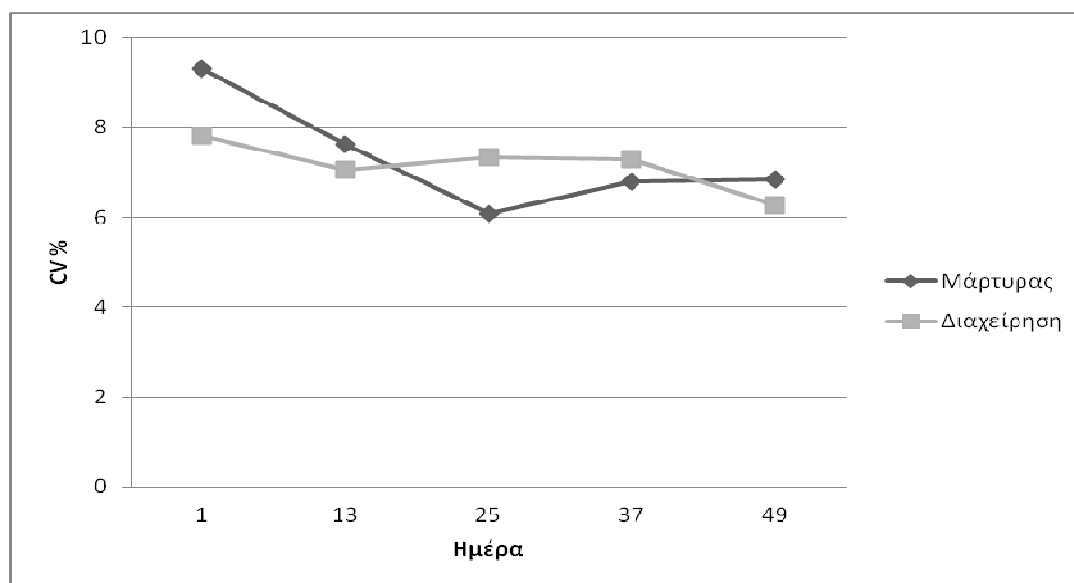
Πίνακας 3.5 Χημική σύσταση του ολικού σώματος των ομάδων ψαριών επί του νωπού βάρους των δειγμάτων.

Χημική σύσταση (%)	Μάρτυρας	Μεταχείριση
Υγρασία	$74,49\pm 0,71^a$	$73,59\pm 2,10^a$
Πρωτεΐνη	$16,91\pm 1,71^a$	$16,50\pm 1,74^a$
Λίπος	$2,83\pm 0,14^a$	$3,37\pm 0,58^b$
Τέφρα	$1,39\pm 0,03^a$	$1,35\pm 0,15^a$

Σημείωση: μέσος όρος (\bar{x}) \pm τυπική απόκλιση (s.d.). Τα διαφορετικά γράμματα a,b σε οριζόντια διάταξη δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P<0,05$).

3.3. Παραλλακτικότητα μεγεθών

Για τον προσδιορισμό του φαινομένου της ανομοιομορφίας των μεγεθών των εκτρεφόμενων ψαριών μελετήθηκε η παραλλακτικότητα μεγεθών των ψαριών του πειράματος. Έτσι, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.3. τα άτομα της μεταχείρισης έδειξαν μια πιο ομοιόμορφη εξέλιξη της παραλλακτικότητας σε όλη την έκταση του πειράματος.



Σχήμα 3.4. Εξέλιξη της παραλλακτικότητας των μεγεθών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, των μεταχειρίσεων των ψαριών.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης και της παραλλακτικότητας των μεγεθών στην εντατική εκτροφή της τσιπούρας. Επίσης πραγματοποιήθηκαν και οι απαραίτητες χημικές αναλύσεις τόσο στο ολικό σώμα των ιχθυδίων, όσο και στον μυϊκό ιστό αυτών.. Στην βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί, ωστόσο και πειράματα στα οποία τα άτομα ήταν μεμονωμένα. Έτσι για να αναγνωριστεί η παραλλακτικότητα και να προσεγγιστεί το φαινόμενο της αύξησης αντιστάθμισης, οι παράμετροι ανάπτυξης που μελετήθηκαν ήταν το βάρος και το ολικό μήκος.

Στην πρώτη κιόλας μέτρηση από την έναρξη του πειράματος και το πέρας των πρώτων 12 ημερών, τα άτομα της μεταχείρισης που βίωσαν τις περιόδους ασιτίας, έδειξαν να μένουν αρκετά πίσω στην ανάπτυξη σε σχέση με τους μάρτυρες οι οποίοι σιτίζονταν καθημερινά. Αλλά και στην δεύτερη μέτρηση, όπου και τα άτομα της μεταχείρισης σιτίστηκαν καθημερινά στο διάστημα που μεσολάβησε, δεν κατάφεραν ούτε ως προς το βάρος ούτε στο μήκος να προσεγγίσουν αυτό των μαρτύρων. Επιπροσθέτως, ακόμα και μετά τον δεύτερο κύκλο της μεταχείρισης και την ολοκλήρωση του πειράματος, οι μάρτυρες οι οποίοι σιτίζονταν σε καθημερινή βάση έδειξαν να έχουν καλύτερη ανάπτυξη από τις μεταχειρίσεις και ως συνέπεια την μη εμφάνιση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης.

Από την άλλη μεριά, η παραλλακτικότητα μεγεθών των μαρτύρων στην αρχή του πειράματος, είχε μεγαλύτερο ποσοστό έναντι αυτού των μεταχειρίσεων (9,31 % έναντι 7,82%) . Στη διάρκεια όμως του πειράματος, η πορεία της παραλλακτικότητας των μαρτύρων είχε πολλές και σημαντικές αυξομειώσεις σε αντίθεση με αυτή των διαχειρίσεων, η οποία εμφανίζεται πιο σταθερή και ομαλή. Τελικά και οι δύο

πορείες, των μαρτύρων και των μεταχειρίσεων φαίνεται να καταλήγουν στα ίδια επίπεδα με το πέρας του πειράματος (6,84 % και 6,27 % αντίστοιχα).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι σημαντικότεροι περιβαλλοντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την αύξηση της αντιστάθμισης είναι η θερμοκρασία, η αλατότητα, τα επίπεδα του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, η ιχθυοφόρτιση, καθώς και η παραλλακτικότητα των μεγεθών. Στην παρούσα εργασία οι εν λόγω περιβαλλοντικοί παράγοντες διατηρήθηκαν σταθεροί και δεν επηρέασαν σε καμία περίπτωση την μη εμφάνιση του φαινομένου. Στην βιβλιογραφία αναφέρονται εργασίες οι οποίες οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρέασαν την εκδήλωση του φαινομένου.

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε άτομα σολομού (*Salmo salar*) (Nicieza & Metcalfe 1997, Maclean & Metcalfe 2001) και *Gadus morhua* (Purchase & Brown 2001), παρατηρήθηκε μερική αντιστάθμιση, έπειτα από μείωση της θερμοκρασίας.

Σε πειράματα που έγιναν σε ιχθύδια τιλάπιας *Oreochromis niloticus*, όταν αυτά τέθηκαν σε μεγάλες ιχθυοφορτίσεις τότε παρατηρήθηκε μια μείωση της αύξησης. Στην συνέχεια η μείωση αυτή εξαφανίστηκε με το που επέστρεψαν τα ψάρια σε κανονικές ιχθυοφορτίσεις (Jobling & Koskela 1996).

Ιχθύδια σολομών του Ατλαντικού *Salmo salar* (Damsgard & Arnesen 1998), παρουσίασαν μερική αντιστάθμιση έπειτα από μετακίνησή τους από γλυκό σε θαλασσινό νερό.

Το γατόψαρο (*Anarhichas minor*), εκδήλωσε αύξηση αντιστάθμισης, όταν ξαναγύρισε σε κανονικά οξυγονωμένο νερό, έπειτα από την παραμονή του για εβδομήντα πέντε ημέρες σε υποξικές συνθήκες (Foss & Imsland 2002). Το πείραμα διακόπηκε μετά από είκοσι μία ημέρες παραμονής των ψαριών σε κανονικές συνθήκες οξυγόνου και έτσι δεν έγινε ξεκάθαρο εάν η αύξηση αντιστάθμισης διαρκούσε και παραπέρα.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται πείραμα βάσει της παραλλακτικότητας των μεγεθών που πραγματοποιήθηκε στην ιριδίζουσα πέστροφα (Jobling & Koskela 1996). Συγκεκριμένα σε ομάδες ιριδίζουσας πέστροφας που προσφέρονταν μειωμένες ποσότητες τροφής, η πρόσληψή της δε γίνονταν ισόποσα από όλα τα άτομα. Η επικράτηση της ιεραρχίας πιθανόν να δημιουργεί εντονότερη παραλλακτικότητα. Το αποτέλεσμα είναι μια εντελώς ασύμμετρη ανάπτυξη ανάμεσα στα ελλιπώς σιτιζόμενα ψάρια. Όταν στις πέστροφες προσφέρθηκε επαρκής ποσότητα τροφής, έγιναν υπερφαγικές. Η αύξηση αντιστάθμισης ήταν μεγαλύτερη σε πέστροφες μικρότερης ανάπτυξης στις παραπάνω συνθήκες. Αυτό αποδεικνύει ότι, σε συνθήκες ύπαρξης επαρκούς ποσότητας τροφής, η προϋπάρχουσα επικράτηση των μεγαλύτερων μεγεθών «χαλαρώνει» και τα άτομα, με τα μικρότερα μεγέθη στα οποία η ανάπτυξη τους είχε κατασταλεί, μπορούν να εμφανίσουν υψηλούς ρυθμούς πρόσληψης τροφής.

Από την άλλη μεριά, πειράματα που έγιναν σε μεμονωμένα άτομα διαφόρων ειδών ψαριών, εμφάνισαν φαινόμενα πλήρους αλλά και υπέρ αντιστάθμισης και αποτελούν τεκμήρια για την ύπαρξη του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Σε μελέτη του υβριδίου *Lepomis cyanellus* x *L. macrochirus* ηλικίας 0+, καθορίστηκαν περίοδοι στέρησης δύο, τεσσάρων, έξι, δέκα ή δεκατεσσάρων ημερών (Hayward *et al.* 1997). Με αυτό το πρωτόκολλο κάποιες ομάδες ψαριών που εκτέθηκαν σε κυκλικές φάσεις ταΐσματος και στέρησης τροφής αναπτύχθηκαν περισσότερο, απ' ό,τι οι μάρτυρες που ταΐζονταν καθημερινά σε χρονικό διάστημα εκατόν πέντε ημερών. Η υπέρ – αντιστάθμιση παρατηρήθηκε στα ψάρια της ομάδας με τη διήμερη στέρηση.

Η επίδραση του πρωτοκόλλου ταΐσματος και η διάρκεια της ασιτίας έχει ουσιαστικό ρόλο στη εμφάνιση του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Σε πείραμά του ο Πανταρίδης (2005) πέτυχε μερική αντιστάθμιση σε άτομα τσιπούρας, που παρόλο που παρέμειναν άσιτα για πάνω από μία εβδομάδες, και παρουσίασαν

απώλεια βάρους τις πρώτες μέρες της ασιτίας, στο τέλος κατάφεραν να προσεγγίσουν σε ανάπτυξη τους μάρτυρες που σιτίστηκαν κανονικά. Βέβαια στην παρούσα εργασία, λόγω του μικρού βάρους των ψαριών και της νεαρής ηλικίας, αυτονόητο είναι ότι δεν μπορούσαμε σε καμία περίπτωση να αφήσουμε τα συγκεκριμένα ψάρια άσιτα για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα και γι' αυτό το λόγο περιορίσαμε το πείραμα σε ασιτία ανά ημέρα.

Επιπροσθέτως, η μικρή διάρκεια του πειράματος (48 ημέρες) ίσως να μην ευνόησε την εμφάνιση του φαινομένου. Αν ενδεχομένως υπήρχε η δυνατότητα να επιμηκυνθεί η διάρκεια του πειράματος και να πραγματοποιηθούν και άλλες επαναλήψεις του πρωτοκόλλου ταΐσματος, τα τελικά αποτελέσματα να ήταν διαφορετικά. Για παράδειγμα, άτομα ιριδιζουσας πέστροφας αρχικού βάρους περίπου 10 g, παρουσίασαν αύξηση αντιστάθμισης, η οποία προέκυψε μετά από μια περίοδο δεκατριών εβδομάδων ασιτίας (Weatherley & Gill 1981). Παρ' όλα αυτά, οι Eroldogan *et al.* (2006b), σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε νεαρά άτομα τσιπούρας *Sparus aurata* διάρκειας 40 ημερών και μέσου αρχικού βάρους περίπου 14 g, απέδειξαν ανάπτυξη αντιστάθμισης σε μία από τις μεταχειρίσεις τους. Η συγκεκριμένη μεταχείριση στερούνταν τροφή για μία εβδομάδα και ταΐζονταν μέχρι το επίπεδο κορεσμού για τις υπόλοιπες δύο εβδομάδες.

Η αύξηση αντιστάθμισης μπορεί να μην εκδηλώνεται, εάν ο περιορισμός της τροφής ξεπεράσει κάποιο όριο (Wilson & Osbourne 1960, Ryan 1990). Για παράδειγμα ιχθύδια σολομού που ήταν σε ασιτία για μία έως τρεις εβδομάδες έφτασαν σε βάρος τους μάρτυρες, ενώ αυτά που παρέμειναν χωρίς τροφή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα όχι (Bilton & Robins 1973). Σχεδόν όλες οι εργασίες που αναφέρονται στην ποσότητα της προσφερόμενης τροφής βρήκαν ότι η υπερφαγία έχει σημαντική συμβολή στην επιτάχυνση της ανάπτυξης και φαίνεται να

διαδραματίζει ίσως τον σημαντικότερο ρόλο στην εμφάνιση του φαινομένου της ανάπτυξης αντιστάθμισης, αν και κάποιο ρόλο μπορούν να παίζουν οι ελαττωμένες τιμές μετατρεψιμότητας της τροφής ή η προσαρμογή της συμπεριφοράς των οργανισμών στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Πανταρίδης 2005).

Όσον αφορά το συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής, στην παρούσα εργασία οι μάρτυρες έδειξαν, με πολύ μικρή διαφορά, καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τη διαχείριση. Φρόνιμο είναι να αναφερθεί ότι οι μικρές διαφορές που παρατηρήθηκαν στο F.C.R. μπορεί να οφείλονται στη μικρή διάρκεια του πειράματος, καθώς είναι γνωστό ότι για να φανούν σαφή αποτελέσματα απαιτείται και ο απαραίτητος χρόνος. Πρόσθετα, οι Dobson και Holmes (1984) πρότειναν, ότι η αύξηση αντιστάθμισης στα ψάρια μπορεί να είναι γνώρισμα αποτελεσματικότερης χρήσης της τροφής. Στην ιριδίζουσα πέστροφα, έχει δηχθεί, ότι η αύξηση αντιστάθμισης προκλήθηκε ολοκληρωτικά από την αξιοποίηση της προσφερόμενης τροφής (βελτίωση της πεπτικότητας), χωρίς υπερφαγική αντίδραση (Boujard *et al.* 2000).

Επίσης, στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε μια προσπάθεια διερεύνησης της επίδρασης του φαινομένου της αύξησης της αντιστάθμισης στη σύσταση του σώματος. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις του ολικού σώματος και του μυϊκού ιστού ως προς τις συγκεντρώσεις των πρωτεϊνών, του λίπους, της υγρασίας και της τέφρας. Οι στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το πέρας του πειράματος δεν έδειξαν διαφορές ανάμεσα σε μάρτυρα και διαχείριση, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ασιτία και επανασίτιση δεν επέδρασαν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ψαριών. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Eroldogan *et al.* (2008), σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε νεαρά άτομα τσιπούρας. Συγκεκριμένα, οι δύο ομάδες μεταχειρίσεων που επέλεξαν, πέρασαν

περιόδους μερικής ή ολικής στέρησης τροφής - επαναδιατροφής, με άμεσο αποτέλεσμα οι μάρτυρες να συγκεντρώσουν ελαφρώς καλύτερα ποσοστά πρωτεΐνης, χωρίς όμως να παρουσιάσουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις. Επίσης, σε συναφή αποτελέσματα έδειξαν και πειράματα που εφαρμόστηκαν σε έξι διατροφικές ομάδες από νεαρά λαβράκια, οι οποίες ταΐζονταν για 60 ημέρες με τροφή που αποτελούσε το 2, 2.5, 3, 3.5, και 4 % του ζώντος βάρους τους, αντίστοιχα (Eroldogan *et al.* 2004).

Έχοντας υπόψη την ανάγκη συμπίεσης του κόστους παραγωγής στις εντατικές μορφές ιχθυοκαλλιέργειας, η επιβολή σταθερών περιόδων ασιτίας ή περιορισμού τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια μπορεί να οδηγήσει σε οφέλη (οικονομικά και περιβαλλοντικά) λόγω της εκδήλωσης του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Ωστόσο δεν είναι ξεκάθαρο το πρωτόκολλο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε επίπεδο παραγωγής για το κάθε εκτρεφόμενο είδος. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να απαντήσει η έρευνα σε μια σειρά ερωτημάτων πολύ σημαντικών όπως π.χ. να προκαθοριστεί μέχρι ποιο σημείο πρέπει να μειωθεί το βάρος του σώματος (στην περίοδο του περιορισμού της τροφής), μέχρι να αρχίσει η επαναδιατροφή (Schwarz *et al.* 1985). Παράλληλα, η εκδήλωση αυτή εξαρτάται από διάφορους φυσικοχημικούς παράγοντες, την ένταση και τη διάρκεια της ασιτίας, το στάδιο της ανάπτυξης που βρίσκεται το άτομο κατά την έναρξη της ασιτίας, την ηλικία που ωριμάζει σεξουαλικά και τη μορφή της επαναδιατροφής.

Γενικά, οι περισσότερες εργασίες με θέμα την αύξηση αντιστάθμισης στα ψάρια, έχουν εξετάσει τις αντιδράσεις στον περιορισμό της τροφής, τη θερμοκρασία ή την ιχθυοφόρτιση του πληθυσμού. Τα πρωτόκολλα θα πρέπει να καθορίζουν το εύρος της μείωσης της αύξησης, που προκαλεί την αύξηση αντιστάθμισης, καθώς και το βαθμό της αντιστάθμισης που θα επιτευχθεί. Σε κάθε περίπτωση πάντως, αν και

έχει ερευνηθεί αρκετά ο συγκεκριμένος τομέας, η περεταίρω και σε βάθος έρευνα στα διαφορετικά είδη και στους διαφορετικούς φυσικοχημικούς παράγοντες που εμπλέκονται στην ανάπτυξη των ψαριών κρίνεται απαραίτητη.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Κλαουδάτος Σ. (2005) Υδατοκαλλιέργειες Ι, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μακρυβέλιος Κ. (2007) Η αύξηση αντιστάθμισης σε άτομα τσιπούρας (*Sparus aurata*). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Βόλος.
- Νεοφύτου Χ. (2001) Βιολογία θαλάσσιων οργανισμών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Οικονομίδης Π.Σ. (1997) Ζωολογία ΙΙ, Πρωτοχορδωτά και Ιχθύες, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Πανταρίδης Κ. (2005) «Διερεύνηση του φαινομένου της αντιστάθμισης στην εντατική εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Βόλος.
- Παπαναστασίου Δ.Π. (1976) Αλιεύματα, τόμος Β', εκδ. ΙΩΝ. Αθήνα, σελ. 429,458.
- Πνευματικάτος Γ.Η. (1993) Ιχθυοτροφία και Ιχθυοπαθολογία. Εκδοτικός οίκος αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Ξένη

- Ali M., Nicieza A., Wootton R.J. (2003) Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4: 147-190.
- Beyer J. E., Laurence G. C. (1980) A stochastic model of larval fish growth. *Ecol. Model.*, 8: 109-132
- Bilton H.T., Robins G.L. (1973) The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton Channel Sockeye Salmon fry (*Oncorhynchus nerka*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 1-5.

- Bilton H.T., Robins G.L. (1973) The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton Channel Sockeye Salmon fry (*Oncorhynchus nerka*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30: 1-5.
- Boujard T., Burel C., Medale F., Haylor G., Moisan A. (2000) Effect of past nutritional history and fasting on feed intake and growth in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Living Resources* 13, 129-137.
- Bowers A. B. (1974) Marine fish culture in Britain IX, Growth of cultured plaice to marketable size in the laboratory. J. Cons. Perm int. Explor. Mer, 35: 149-157.
- Brown M. E. (1957) Experimental studies on growth. In: Brown, M. E., (Ed.) *The Physiology of Fishes* I. Academic Press, New York, p 361-400.
- Chambers R. C., Legget W. C., Brown J. A. (1988) Variation in and among early life history traits of laboratory-reared winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). Mar. Ecol. Prog. Ser., 47:1-15.
- Cowey C.B. (1993) Some effects of nutrition on flesh quality. In: Fish Nutrition in Practise (eds S.J.Kaushik & P.Luquet), p. 227-236. INRA, Paris.
- Damsgard B., Arnesen A.M. (1998) Feeding, growth and social interactions during smolting and seawater acclimation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 168: 7-16.
- Dobson S.H., Holmes R.M. (1984) Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Journal of Fish Biology, 25: 649-656.
- Drevon C.A. (1992) Marine oils and their effects. *Nutrition Reviews*, 50:21-29.
- Eroldoğan O. T., Kumlu M., Aktas M. (2004) Optimum feeding rate for European sea bass *Dicentrarchus labrax* reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, 231 (1-4): 501-515.

- Eroldoğan O.T., Kumlu M., Kiriş G.A., Sezer, B. (2006)b Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding Protocols. *Aquaculture Research*, 12: 203-210.
- Eroldoğan O.T., Taşbozan O., Tabakoğlu S. (2008) Effects of restricted feeding regimes on growth and feed utilization of juvenile gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(2): 267-274.
- Foss A., Imslund A.K. (2002) Compensatory growth in the spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen) after a period of limited oxygen supply. *Aquaculture Research*, 33: 1097-1101.
- Fukuhara O. (1983) Development and growth of laboratory reared *Engraulis japonica* (Houttuyn) larvae. *J. Fish Biol.*, 23: 641-652.
- Hayward R.S., Notie D.B., Wang N. (1997) Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. *Transactions of American Fisheries Society*, 126:316-322.
- Hayward R.S., Wang N., Noltie D.B. (2000) Group holding impedes compensatory growth of hybrid sunfish. *Aquaculture* 183, 299-305.
- Jobling M. (2001) Nutrient Partitioning and the influence of feed composition on body composition. In: *Food Intake in Fish*, Editors: Houlihan D. Boujard T. and Jobling M., Blackwell Science, p 366.
- Jobling M., Koskela J. (1996) Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in subsequent period of compensatory growth. *Journal of Fish Biology*, 49: 658-667.
- Jobling M., Meloy O.H., dos Santos J., Christiansen B. (1994) The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history, *Aquaculture International* 2, 75-90.

- Lands W.E.M. (1992) Biochemistry and physiology of n-3 fatty acids. *FASEB Journal*, 6:2530-2536.
- Lem A. (2004) An Overview of the Present Market and Trade Situation in the Aquaculture Sector - the Current and Potential Role of Organic Products
FAO Fishery Industries Division HCM City.
- Maclean A., Metcalfe N.B. (2001) Social status, access to food and compensatory growth in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 58: 1331-1346.
- Mengoli A. (1994). Qualita Nutrizionali del muscolo di Pesce (Nutritional qualities of fish muscle). *Industrie Alimentari*, XXXIII, 1221-1228.
- Nakamura N., Kasahara S. (1955) A study on the phenomenon of the Tobi-Koi or shoot carp. I. On the earliest stage at which the shoot carp appears. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, 21:73-76 (In Japanese with an English summary).
- Nicieza A.G., Metcalfe N.B. (1997) Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: Responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78: 2385-2400.
- Oliva-Teles A. (2000) Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. *Aquaculture International*, 8:477-492.
- Pita C., Gamito S., Erzini K. (2002) Feeding habitats of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) from the Ria Formosa (Southern Portugal) as compared to the black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) and the annular seabream (*Diplodus annularis*). *Journal Applied. Ichthyology* 18: 81-86.
- Purchase C.F., Brown J.A. (2001) Stock-specific changes in growth rates, food conversion efficiencies, and energy allocation in response to temperature change in juvenile Atlantic cod. *Journal of Fish Biology*, 58: 36-52.

- Purdom C. E. (1974) Variation in fish. In: Harden Jones, F. R. (Ed.) *Sea Fisheries Research*. Elek Science, London. p 347-355.
- Purdom C.E., Jones A., Lincoln R.F. (1972) Cultivation trials with turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 1: 213-230.
- Quinton J.C., Blake R.W. (1990) The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 37, 33-41.
- Ricker W.E. (1958) *Handbook of computations for biological statistics of fish populations*. Bull. Fish. Res. Bd Can., 119:300.
- Riska B., Atchley W.R., Rutledge J.J. (1984) A genetic-analysis of targeted growth in mice. *Genetics* 107, 79-101.
- Ryan W.J. (1990) Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutritional Abstract Review of Series B* 60, 653-664.
- Schwarz F.J., Plank J., Kirchgessner M. (1985) Effects of protein or energy restriction with subsequent realimentation on performance of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 48: 23-33.
- Watanabe T. (2000) Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68:242–252.
- Weatherley A.H., Gill H.S. (1981) Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 18: 195-208.
- Wieser W., Krumschnabel, G., Ojwang-Okwor J.P. (1992) The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. *Environmental Biology of Fishes*, 33: 63-71.

- Wilson P.N., Osbourn, D.F. (1960) Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biological Review*, 35: 324-363.
- Zhu X., Cui Y., Ali M., Wootton R.J. (2001) Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. *Journal of Fish Biology* 58, 1149-1165.
- Zhu X., Wu L., Cui Y., Yang Y., Wootton R.J. (2003) Compensatory growth in three-spined stickleback in relation to feed-deprivation protocols, *Journal of Fish Biology* 62, 195-205.
- Zivkov M.T. (1982) On the effect and nature of growth compensation of fish. *Vestnik Ceskoslovenske Spolecnosti Zoologicke*, 46: 142-160.

Ηλεκτρονική

- www.fao.org
- www.ifpri.org
- www.nationalgeographic.gr

6. ABSTRACT

Many animal organisms exhibit faster growth during recovery after a period of total or partial starvation, compared with the corresponding periods of continuous delivery of sufficient quantities of food. The phenomenon of the increase in fish compensation intrigued scientists, as it relates to one of the basic concerns regarding the fish, namely the compression of the production cost while achieving rapid growth rates. The present work is to investigate the phenomenon of increased compensation in the rearing of sea bream in relation to the variation of sizes, as studied and qualitative characteristics (protein, fat, moisture and ash) of whole body and muscle tissue of fish.

The experiment lasted for seven (7) weeks in which 260 young people bream remained in closed recirculating seawater. The fish in the experiment had an average weight of $2,55 \pm 0,01$ g (weight average \pm standard error) and an average length of $56,51 \pm 0,36$ mm. Then randomly divided into two (2) administer and manage any seized two tanks (2 tanks / management).

The management emerged were:

- i) Witnesses M which is fed daily,
- ii) The management B, with two (2) weeks of feeding - starvation, alternating per day (a day feedings, a day starvation), and two (2) weeks of daily feedings.

In all experimental groups, after the experiment, there was an increase of weight, without any observed loss in people management passed periods of starvation. Of course, those witnesses who were fed on a daily basis showed faster growth rates than those of management. So at the end of the experiment, controls increased their average weight at $12,43 \pm 0,24$ g while the managements to $9,99 \pm 0,19$ g. The

increase in weight of fish for each treatment over time and throughout the duration of the experiment was assigned with linear equations.

In conclusion, in this study, did not appear either complete or partial growth compensation managements where fish have experienced periods of starvation for that time, but they showed a reduced incidence of the phenomenon of variability of sizes.

Keywords: Bream, *Sparus aurata*, growth compensation, variability of sizes, breeding